

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Závislost rozsahu deformací důlních děl při otřesu na uvolněné
seismické energii

Dependence of the mining openings deformation during rockburst on
seismic energy

Student:

Bc. Martina Frýzová

Vedoucí diplomové práce interní

Ing. Martin Stolárik, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martina Frýzová**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T035 Geotechnika
Téma: **Závislost rozsahu deformací důlních děl při otřesu na uvolněné seismické energii**
Dependence of the Mining Openings Deformation During Rockburst on Seismic Energy

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky důlních otřesů
2. Přírodní, geomechanické a hornické podmínky ČHP
3. Seismický monitoring
4. Analýza důlních otřesů (rozsah deformací, registrovaná seismická energie, vzdálenost projevů otřesů od registrovaného seismického jevu, geologické a hornické podmínky v oblasti otřesu, závislost rozsahu deformací na seismické energii)
5. Závěry

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Dopita, M. et al. *Geologie české části hornoslezské pánve*, Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1997, ISBN 80-7212-011-5
2. Konečný, P. Mining Induced Seismicity (rock burst) in *The Ostrava Karviná Coal Basin, Czechoslovakia*. Gerlands Beitr, Geophysik, 1988, No. 986, p. 525-547.
3. Konečný, P., Velička, V., Šňupárek, R. et al. Rockbursts in the Period of Mining Activity Reduction in Ostrava – Karviná Coalfield. In *ISRM 2003 – Technology Roadmap for Rock Mechanics*, South African Institute of Mining and Metallurgy, 2003.
4. OKD, DPB, a. s. *Metodické postupy protiotřesové prevence*, 2005.
5. Straube, R. et al. *Důlní otřesy v karbonském pohoří*, SNTL, 1972, Praha, 438 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Stolarík, Ph.D.**

Datum zadání: 27.02.2015

Datum odevzdání: 30.11.2015



doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....

podpis studenta

Prohlašuji:

- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

Anotace

Diplomová práce se zabývá analýzou rozsahu deformací důlních děl při důlních otřesech v závislosti na uvolněné seismické energii. Zpracování vychází z vybraných podkladů důlních otřesů v české části hornoslezské pánve. Práce seznamuje s problematikou důlních otřesů, s přírodními, geomechanickými a hornickými podmínkami. Dále je v práci uveden popis seismického monitoringu, který je používán v zájmové oblasti. Další část práce je věnována samotné analýze důlních otřesů, zahrnující popis rozsahu deformací, informace o registrované seismické energii, vzdálenost projevů otřesů od registrovaného seismického jevu, geologické a hornické podmínky v oblasti otřesu a následně také samotnou analýzu závislosti rozsahu deformací na seismické energii.

Klíčová slova:

česká část hornoslezské pánve, důlní otřes, deformace poškozeného úseku, registrovaná seismická energie

Annotation

Diploma thesis deals with the analysis of the magnitude of deformation mine workings in rockburst, depending on the released seismic energy. Process is based on selected materials of rockbursts in the Czech part of the Upper Silesian Coal Basin. Thesis describes the issue of rockburst, natural, geomechanical and mining conditions. The thesis also describes of seismic monitoring, which is used in the area of interest. Next part is dedicated to the analysis rockbursts, including a description of magnitude deformation, information on registered seismic energy, distance impacts rockburst from a registered seismic event, geological and mining conditions of rockburst and consequently the analysis itself, depending on the magnitude of deformation and the seismic energy.

Keywords:

Czech part of the Upper Silesian Coal Basin, rockburst, rockburst impact, registered seismic energy

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE:

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE:	6
SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ	7
1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY DŮLNÍCH OTŘESŮ	8
1.1. PODMÍNKY VZNIKU OTŘESŮ	9
1.2. TYPY DŮLNÍCH OTŘESŮ	11
1.2.1. OTŘESY VE SLOJI	11
1.2.2. OTŘESY MIMO SLOJ	11
1.3. PROSTŘEDKY PROTIOTŘESOVÉ PREVENCE	12
1.3.1. AKTIVNÍ PROSTŘEDKY PROTIOTŘESOVÉ PREVENCE	12
1.3.2. PASIVNÍ PROSTŘEDKY PROTIOTŘESOVÉ PREVENCE	13
2. PŘÍRODNÍ, GEOMECHANICKÉ A HORNICKÉ PODMÍNKY ČHP	14
2.1. PŘÍRODNÍ PODMÍNKY ČHP	14
2.2. GEOMECHANICKÉ PODMÍNKY ČHP	15
2.3. HORNICTVÍ V ČHP	16
2.3.1. ZAHÁJENÍ HORNICKÉ ČINNOSTI	16
2.3.2. HORNICKÉ PODMÍNKY	16
3. GEOLOGICKÉ A HORNICKÉ PODMÍNKY V OBLASTI OTŘESU	18
3.1.1. SEDLOVÉ VRSTVY	20
3.1.2. SUŠSKÉ VRSTVY	22
4. SEISMICKÝ MONITORING	24
5. ANALÝZA DŮLNÍCH OTŘESŮ	26
5.1. ROZSAH DEFORMACÍ	29
5.2. REGISTROVANÁ SEISMICKÁ ENERGIE	33
5.2.1. ANALÝZA REGISTROVANÉ SEISMICKÉ ENERGIE	34
5.3. VZDÁLENOST PROJEVŮ OTŘESŮ OD REGISTROVANÉHO SEISMICKÉHO JEVU	38
5.4. ZÁVISLOST ROZSAHU DEFORMACÍ NA SEISMICKÉ ENERGII	43
6. ZÁVĚR	45
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	48
9. SEZNAM TABULEK	49
10. PŘÍLOHY	50

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

a	... konstanta,
A	... maximální amplituda rychlosti kmitání [m.s^{-1}],
a.s.	... akciová společnost,
b	... regresní koeficient,
Bpv	... Balt po vyrovnání,
ČHP	... česká část hornoslezské pánve,
ČSA	... Československá armáda,
ČSM	... Československý svaz mládeže,
d	... vzdálenost ohniska [km],
DPB	... Důlní průzkum a bezpečnost,
E_{OKR}	... seismická energie [J],
HP	... hornoslezská pánev,
JTSK	... Jednotná trigonometrická síť katastrální,
KDP	... karvinská dílčí pánev,
ln	... logaritmus,
MS	... Microsoft,
OKR	... ostravsko – karvinský revír,
R^2	... korelační koeficient,
SL	... seismologie, seismologický,
v	... rychlost šíření vln [m.s^{-1}],
W_{OC}	... celková destrukční energie otřesu,
W_{PH}	... energie otřesu pocházející z původních hornin,
W_{PV}	... energie otřesu přenesená pružnými vlnami,
W_{S}	... energie otřesu pocházející ze sloje,
x	... hodnota nezávislé proměnné,
y	... hodnota závislé proměnné,
α	... útlum pro P-vlny = 0,006, pro S-vlny = 0,004,
ρ	... měrná hmotnost prostředí [kg.m^{-3}],
τ	... doba trvání [s].

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY DŮLNÍCH OTŘESŮ

Důlní otřesy se řadí mezi nejnebezpečnější projevy horninového prostředí při hlubinném dobývání ložisek. Od začátků těžby se horníci snažili tyto jevy předvídat a předcházet tak jejich účinkům. Projevy zaznamenávaly v podobě běžných tlakových účinků, občas také jako náhlé destrukce a závaly nadložních hornin. Tyto síly projevující se tlakovými účinky na dobývaný pilíř a výztuž důlního díla, nazýváme důlní tlak. [1]

V OKR byly první důlní otřesy zaznamenány v 30. letech 20. století. S postupem hornické činnosti do hloubky se zvyšuje intenzita a nebezpečnost tohoto jevu. V OKR byly zaznamenány velmi silné důlní otřesy na začátku 70 let. To vedlo k založení geomechanické služby v roce 1975, která se zabývá především problematikou důlních otřesů. Následně se rozvíjela i na dalších dolech České republiky. [2]

Pro posouzení povahy průvodních, především nadložních hornin a jejich chování při hornických pracích, má význam velmi mnoho činitelů, které můžeme rozdělit do dvou základních skupin. V první řadě jsou to přírodní činitele, kam můžeme zahrnout úložní poměry, jako je i hloubka uložení, dále petrografické a litologické vlastnosti hornin, fyzikálně mechanické vlastnosti hornin a tektonické poměry. Druhou oblastí jsou technickoprovozní činitele, kterými jsou zejména metoda dobývání s ohledem na tvar porubu a k likvidaci vytěženého prostoru, charakter porubní výztuže, rychlosti postupu dobývání, předcházející podrubání nebo blízké nadrubání dané sloje nebo skupiny slojí. [1]

Stanoveným cílem diplomové práce je analýza rozsahu deformací v místě důlních otřesů v dole v závislosti na uvolněné seismické energii. Součástí analýzy je zohlednění vzdáleností seismického ohniska od místa projevů deformací důlního díla.

1.1. PODMÍNKY VZNIKU OTŘESŮ

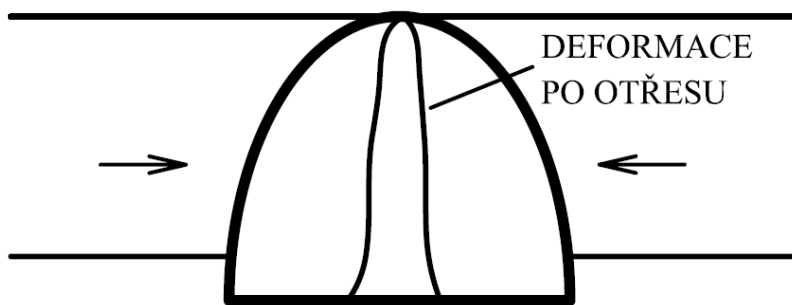
Destrukční energie vyvolávající deformaci důlních děl při důlním otřesu může vznikat na různých místech horninového masivu. Pro celkovou destrukční energii důlního otřesu v uhelném horninovém masivu platí následující vztah. [2]

$$W_{OC} = W_S + W_{PH} + W_{PV}$$

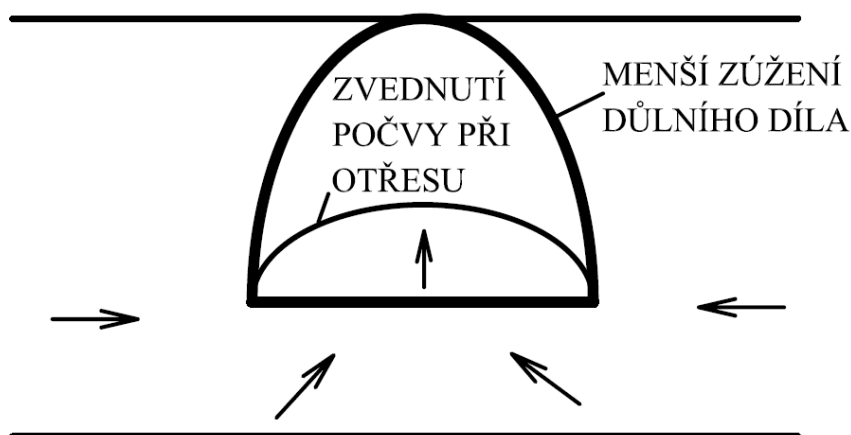
kde: W_{OC} ... celková destrukční energie otřesu,
 W_S ... energie otřesu pocházející ze sloje,
 W_{PH} ... energie otřesu pocházející z původních hornin,
 W_{PV} ... energie otřesu přenesená pružnými vlnami.

Způsobit důlní otřes může každá z těchto energií i samostatně. Podle způsobu porušení důlního díla můžeme rozpoznat druh uvolněné energie. U důlních děl na rudných dolech nastává zejména destrukce díla z jeho stropu, způsobená energií přenášející se pružnými vlnami z nadloží. Naproti tomu na uhelných dolech dochází většinou k deformaci vysunutím sloje směrem do důlního díla. Způsob deformace důlního díla závisí na způsobu dobývání, zda je sloj dobývána v plné mocnosti nebo v počvě či stropu důlního díla zůstává uhelná lávka. [2]

Při ražení důlního díla v plné mocnosti nastává deformace boků důlního díla (Obr. 1). V druhém případě při ražení důlního díla jen v části mocnosti, kdy v počvě důlního díla zůstává uhlí, dochází k vysouvání celé sloje směrem do díla. Malé boční posunutí má za následek zvednutí počvy v důlním díle (Obr. 2). [2]



Obr. 1: Deformace boků důlního díla [2], upraveno



Obr. 2: Deformace počvy důlního díla [2], upraveno

Je zřejmé, že u těchto důlních děl dochází k hromadění energie ve sloji, která se snaží deformovat směrem do míst s nižším napětím, to je do důlních děl. Této deformaci však brání tření mezi slojí a průvodními horninami. Uvolňování energie ze sloje závisí na rychlosti šíření pružných vln v různých horninách. Jiná rychlost šíření pružných vln je v průvodních horninách a jiná je v uhelné sloji. Rychleji se pružné vlny šíří také v oblastech vyššího napětí než v oblastech s nižším napětím. [2]

Šíření pružných vln je zapotřebí pro uvolnění nahromaděné energie ve sloji. Tomuto šíření nelze zabránit při ražení pod pevným nadložím. Pružné vlny napřed dorazí ke sloji v místě nejvyššího působícího napětí. Působením podstatně nižší rychlosti šíření pružných vln ve sloji dojde nejprve ke stlačení sloje pružnou vlnou, následně nadložní hornina kmitne zpátky rychleji než samotná sloj. Při dostatečně intenzivním šíření pružných vln dochází k vyloučení normálového napětí na styku sloje s původními horninami, což znamená odstranění tření, které bránilo přetváření sloje směrem k důlním dílům. Tímto způsobem se může uvolnit nahromaděná energie ze sloje. [2]

1.2. TYPY DŮLNÍCH OTŘESŮ

Důlní otřesy v české legislativě rozdělujeme podle místa původu impulsu a místa vzniku na dvě hlavní skupiny, otřesy ve sloji a otřesy mimo sloj. [1]

1.2.1. OTŘESY VE SLOJI

Otřesy ve sloji nazýváme jako slojové otřesy, pilířové rány, v kladenských dolech se jim říká detonace. Vznikají náhlým uvolněním nahromaděné energie v uhelném pilíři. Součástí je náhlé rozrušení a vymrštění uhlí z pilíře, vyražení výztuže a případně i s vylomením nadloží. [1]

Slojové otřesy vznikají zejména při ražení chodeb a prorážek v tlakových pásmech zbytkových nebo ochranných pilířů a při dobývání těchto pilířů. Déle také v rozích nerovně vedené porubní fronty a v ochranných pilířích nevhodných rozměrů. [1]

1.2.2. OTŘESY MIMO SLOJ

Otřesy s ohniskem vzniku v nadloží

Mezi otřesy vznikající mimo sloj můžeme řadit dvě hlavní skupiny. Za prvé to jsou otřesy s ohniskem vzniku v nadloží. Důvod těchto otřesů je náhlé prolomení nadložních kompetentních horninových vrstev, které hromadí energii a při překročení příslušné meze pevnosti, ji náhle uvolňují. [1]

Otřesy z nadloží jsou často kombinovány s otřesy slojovými. V takovém případě bývá zaznamenána vysoká intenzita projevů a destrukcí. Tyto typy otřesů se někdy nesprávně nazývají ve starší literatuře též jako stropně slojové otřesy. Otřesy z nadloží od čistých slojových otřesů rozeznáváme podle způsobu prolomení nadloží dobývané sloje a podle poklesu přímého nadloží neboli stropu. U čistých slojových otřesů se náhle poruší a vymrští uhlí z pilíře, zatímco pevné nadložní horniny důlního díla zůstávají obvykle neporušeny. [1]

Otřesy z nadloží a ze sloje bývají zaznamenány při dobývání slojí s pevnými nadložními horninami, mezi které řadíme pískovce a slepence, jsou to horniny schopné hromadit energii. V karvinské části OKR se tento druh otřesu v současné době vyskytuje nejčastěji. [1]

Otřesy s ohniskem vzniku v podloží

Do druhé skupiny otřesů vznikající mimo sloj se řadí otřesy z podloží, někdy ve starší literatuře nazývané jako otřesy záchvěvové nebo nárazové. Již z označení těchto otřesů plyne, že příčinou vzniku těchto otřesů je hromadění potenciální energie v nadloží dobývané sloje, odkud se nahromaděná energie přenáší podle zákona akce a reakce přes uhelný pilíř do podloží. Jsou-li horniny přímého podloží s menší pevností než horniny nadložní a zároveň vrstevnaté, dojde v určitém stadiu stěnového porubu k jejich náhlému zdvižení (vytlačení) a prolomení. V takovém případě je zdroj nárazového otřesu energie nahromaděná v nadloží, ale přenesená do podložních hornin, v nichž se její uvolnění náhle projeví. [1]

1.3. PROSTŘEDKY PROTIOTŘESOVÉ PREVENCE

Prostředky protiotřesové prevence jsou používány k zabránění vzniku otřesů nebo k co největší minimalizaci následků otřesů. Použití dílčích prostředků protiotřesové prevence při dobývání důlních děl vychází z hodnocení geomechanických a hornických podmínek a z výsledků lokální a průběžné prognózy. Pro zabránění vzniku otřesů slouží aktivní a pro minimalizaci následků otřesů pasivní prostředky protiotřesové prevence. [3]

1.3.1. AKTIVNÍ PROSTŘEDKY PROTIOTŘESOVÉ PREVENCE

Aktivní prostředky protiotřesové prevence se rozlišují na strategické a taktické prostředky. „Mezi strategické prostředky protiotřesové prevence patří zejména:

- využití ochranných slojí,
- optimální postup odrubávání slojí,
- způsob a volba rozfáraly,
- minimalizace počtu, rozměrů a vlivu zbytkových pilířů,
- minimalizace počtu důlních děl,
- optimalizace časoprostorového vedení důlních děl.“ [3]

„Následně mezi taktické a operativní prostředky protiotřesové prevence patří zejména:

- bezvýlomová trhací práce ve sloji a okolních horninách,
- zavlazování sloje a okolních hornin,
- odlehčovací vrtání,
- volba technologie při vedení a zajišťování důlních děl.“ [3]

1.3.2. PASIVNÍ PROSTŘEDKY PROTIOTŘESOVÉ PREVENCE

V případě, kdy není možné použít aktivní prostředky protiotřesové prevence k zabránění vzniku důlního otřesu, se používají pasivní prostředky protiotřesové prevence. Pasivní prostředky protiotřesové prevence mají za úkol zejména minimalizaci následků důlních otřesů, v případě kdy otřesu už nebylo možné zabránit. Dalším úkolem řešený pomocí pasivních prostředků je úmyslné způsobení důlního otřesu.

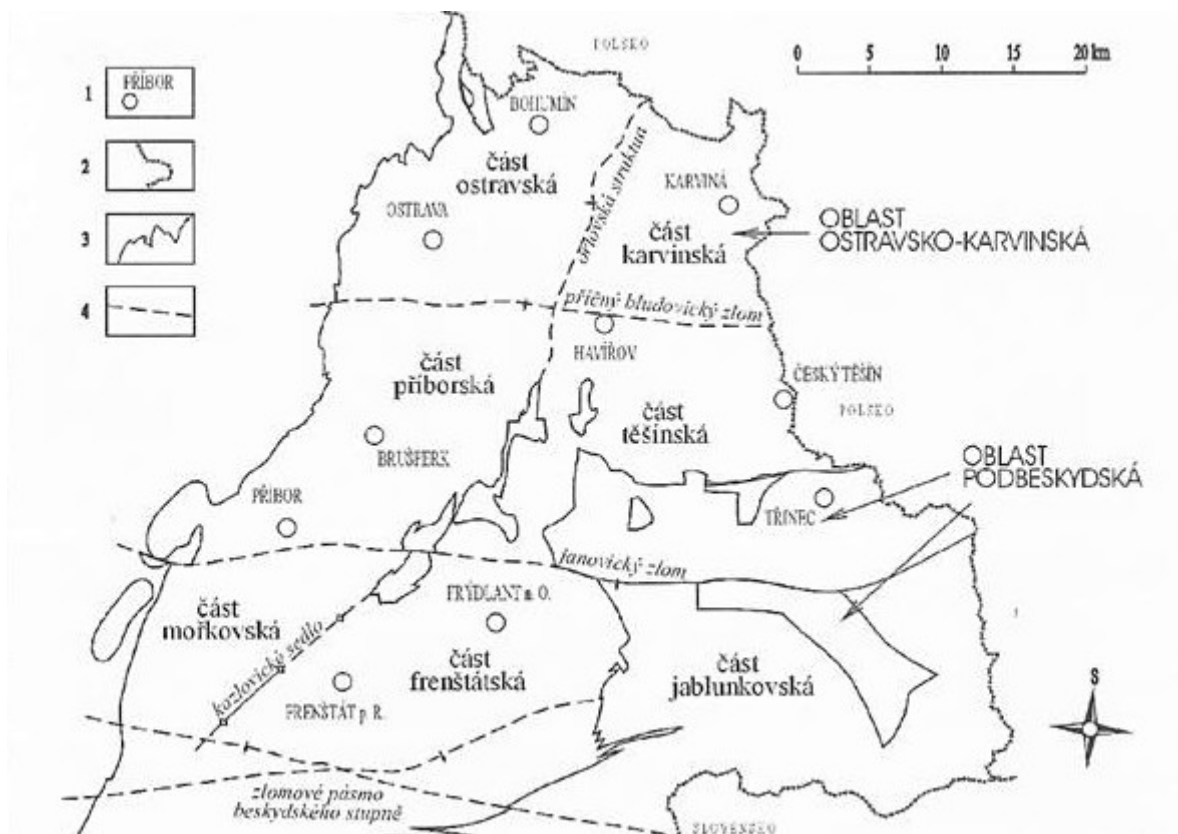
„Pasivní prostředky protiotřesové prevence jsou zejména:

- volba druhu a hustoty výztuže důlních děl,
- stabilizace oslabených částí horského masivu pomocí injektáže a kotvení,
- vytváření bezpečnostních dutin nebo kompenzačních prostorů,
- vyvolání otřesu za nepřítomnosti lidí,
- výlomová trhací práce,
- omezení počtu zaměstnanců v ohrožených oblastech,
- znepřístupnění nepotřebných důlních děl,
- odvolávání zaměstnanců při zjištění nebezpečí,
- dálkové ovládání strojů,
- způsob umístění zařízení v důlních dílech,
- ochrana a vypínání elektrických zařízení.“ [3]

2. PŘÍRODNÍ, GEOMECHANICKÉ A HORNICKÉ PODMÍNKY ČHP

2.1. PŘÍRODNÍ PODMÍNKY ČHP

Hornoslezská černouhelná pánev zaujímá území o rozloze přes 7000 km², z čehož asi 1550 km² tvoří plocha uhlonosného karbonu na území severovýchodní části České republiky. Rozsah pánve není jednoznačně určen, protože některé její sedimenty jsou zakryty mladšími uloženinami, na povrch vystupují jen v malých výchozech, z velké části jsou zaznamenány jen z hlubokých průzkumných či strukturních vrtů nebo z důlních děl. Česká část hornoslezské pánve je členěna na část ostravsko – karvinskou a podbeskydskou, avšak celou českou část hornoslezské pánve nazýváme ostravsko – karvinským revírem (Obr. 3). Těžba černého uhlí v části ostravsko – karvinské započala ve druhé polovině 18. století a v části podbeskydské ve druhé polovině 20. století. [4], [5]



Obr. 3: Schematická mapa ČHP [6]

1 – sídla, 2 – státní hranice, 3 – posterozní hranice pánve, 4 – hlavní tektonické struktury

Ostravsko – karvinskou část dělíme na oblast ostravskou a karvinskou, hranice mezi těmito oblastmi je tvořena orlovskou strukturou, na severu a na východě se nachází česko – polská hranice, na jihu je ostravsko – karvinská část od podbeskydské oddělena příčným bludovickým zlomem a na západě od ostravské části se nacházejí výchozy skupiny faunistických horizontů Štůra na povrch karbonu. [4]

Podbeskydská část má příborskou, těšínskou, mořkovskou, frenštátskou a jablunkovskou část. Příborská a těšínská část je na severu ohraničena příčným bludovickým zlomem, na východě se nacházejí česko – polské hranice, na jihu janovický zlom a na východě skupina faunistických horizontů Štůra na povrch karbonu. Mezi sebou jsou rozděleny orlovskou strukturou. Mořkovská část je na severu ohraničena janovickým zlomem, na východě předpokládaným pokračováním orlovské struktury tzv. kozlovickým sedlem, na jihu se nachází zlomové pásmo beskydského stupně. Frenštátská část je na severu ohraničena janovickým zlomem, na východě skupina faunistických horizontů Štůra na povrch karbonu, na jihu se nachází zlomové pásmo beskydského stupně a na západě kozlovické sedlo. Poslední částí podbeskydské oblasti je část jablunkovská ta je ohraničena na severu janovickým zlomem, na východě česko – polskými hranicemi, na jihu se nachází zlomové pásmo beskydského stupně a na východě frenštátská část. [4]

2.2. GEOMECHANICKÉ PODMÍNKY ČHP

Geomechanické podmínky horninového masívu jsou definovány fyzikálními a mechanickými vlastnostmi stavebních jednotek a rozložením napětíového pole v horninovém masívu. Vyplývá to z primárního napětíového stavu, který je popsán hloubkou uložení horninového masívu pod povrchem, přírodními vlastnostmi jednotlivých stavebních jednotek horninového masívu a strukturně tektonickou stavbou. Napětí indukované hornickou činností má vliv na tento primární napětíový stav. Indukované napětí ovlivňuje celkovou nehomogenitu napětíových polí. V karvinské oblasti byla v průzkumných vrtech provedena měření složek napětí. Výsledky tohoto měření ukázaly, že se v karbonském masívu nachází značné rozdíly horizontálních složek napětí, a že v řadě případů je horizontální napětí větší než vertikální napětí odpovídající hloubce uložení pod povrchem. [7]

Pevnostní a přetvárné vlastnosti karbonských hornin ovlivňují zrnitost a složení hornin, stupeň diagenetické cementace a kompakce, následné tektonické porušení vzorků a případné sekundární alterace. [7]

2.3. HORNICTVÍ V ČHP

2.3.1. ZAHÁJENÍ HORNICKÉ ČINNOSTI

Zahájení hornické činnosti v ostravsko – karvinském revíru se datuje od druhé poloviny 18. století. Od počátku těžby až do začátku 19. století se uhlí těžilo jen v malých provozech metodou mělkého dobývání. Metoda spočívala v použití štol v kopcovité a šachet v rovinaté oblasti. [5]

Záznamy o prvních pokusech těžby uhlí jsou známy již z roku 1776 o nález uhlí na vrchu Čechovice u Karviné nebo z roku 1782, kdy byla zahájena těžba v oblasti Landeku na slojích Juliána a Vilemína. V roce 1829 byla založena nejdelší a nejvýznamnější dědičná štola v ostravsko – karvinském revíru, Jaklovecká štola. Štola se nacházela na pravém břehu řeky Ostravice v Slezské Ostravě. Celková délka Jaklovecké štoly dosahovala 3160 m. Po založení této štoly došlo k rozšíření mělkého dobývání. [5]

Ve 30. a 40. letech 19. století z důvodů vyrubání uhelných slojí na povrchu se začaly zakládat hlubinné doly, které umožňovaly těžbu přemístit do větších hloubek. Prvním hlubinným dolem byl Žentourový důl v oblasti Landeku, založený v letech 1810 až 1820, který představoval kombinaci štolového a hlubinného dobývání, hloubka dosahovala 120 m. Zvyšující poptávka uhlí způsobila další nové zakládání dolů. [5]

2.3.2. HORNICKÉ PODMÍNKY

K dnešní době v OKR je známo přibližně 415 uhelných slojí, jejich samostatných lávek a slojek. Z tohoto počtu lze v průměru 141 nazvat průběžnými nebo místně dobyvatelnými slojemi, z nichž 86 slojí se nachází v ostravském souvrství a 55 slojí v karvinském souvrství.

V současných ekonomických podmínkách těžby je počet využitých a do budoucna připravených slojí menší. [6]

Od počátku dobývání se uhelné sloje označovaly na každém dole jinými jmény a jinými čísly. Toto označování se požívá jako místní dodnes. Z důvodů zpracování geologických a báňsko – technických informací o uhelných slojích a jejich vzájemné korelaci mezi jednotlivými doly, bylo nutné zavedení jednotného označování používané v celém OKR. V roce 1959 bylo zavedeno jednotné číselné označení, v podobě třímístného kódu. První číslo kódu označuje náležící litostratigrafickou jednotku. Označení je seřazeno od nejstarších k nejmladším. [6]

Samotná hornická činnost ovlivňuje nerovnoměrnou koncentraci napětí. Od druhé poloviny 18. století, kdy se v OKR těží uhlí, postupně byly a jsou sloje dobývány od povrchu směrem do hloubky. Možnosti dobývacích metod, technický vývoj a ekonomické požadavky vedly v mnoha situacích k ponechání nevydobytych částí ložiska. Dobývání uhlí se v dnešní době pohybuje v hloubce 800 až 1000 metrů pod zemským povrchem. Tyto všechny faktory způsobují velice nerovnoměrné rozložení napěťových polí, a to se následně nepříznivě projevuje na dobývání. [7]

Kromě výše uvedeného nepříznivě působí také skutečnost, že v současnosti v oblasti KDP dobýváme z velké části sloje sedlových vrstev. Mezi nepříznivé vlastnosti sedlových vrstev řadíme zejména nepravidelné rozložení napětí, které vede spolu s výskytem velmi mocných lavic kompetentních hornin v meziloží slojí k vysokému nebezpečí vzniku lokálních koncentrací napětí a ke vzniku anomálních geomechanických jevů. [7]

3. GEOLOGICKÉ A HORNICKÉ PODMÍNKY V OBLASTI OTŘESU

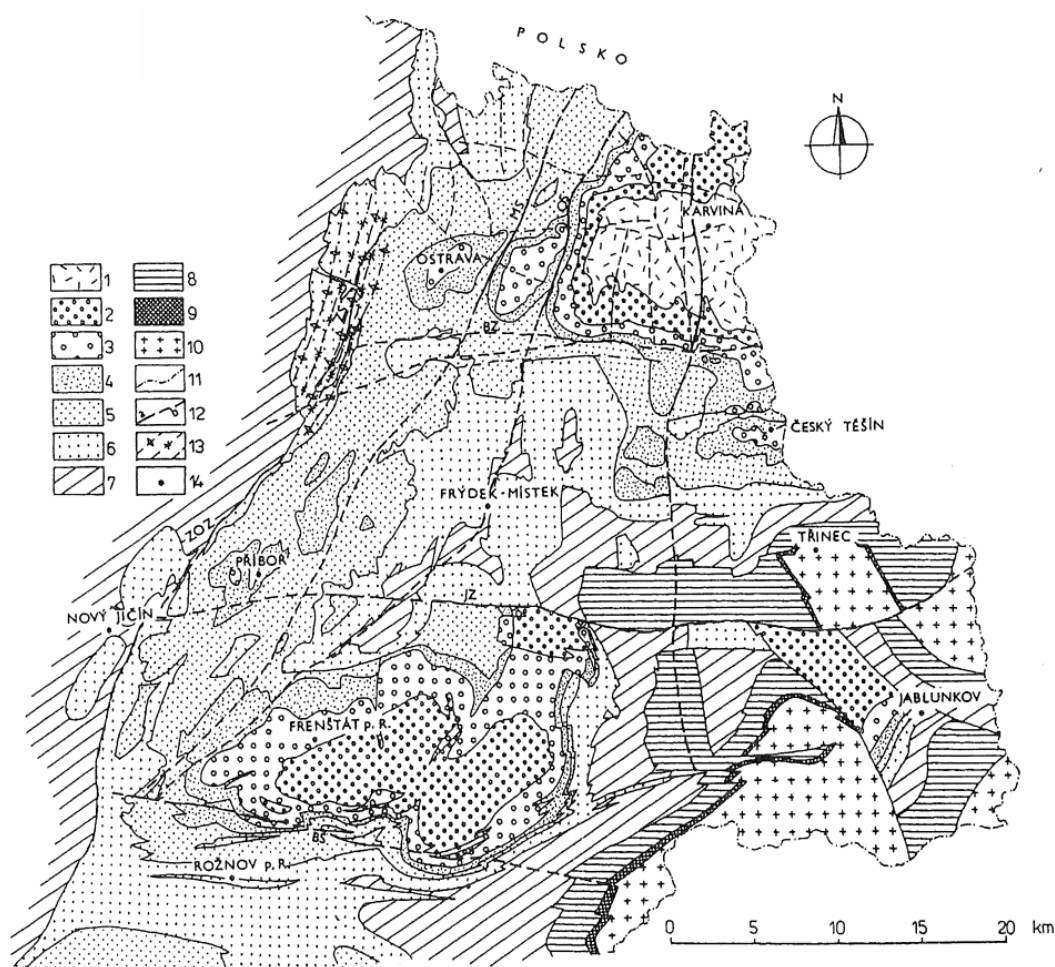
Na území ČHP byl vývoj spodního karbonu zakončen sedimentací paralické uhlonosné molasy ostravského souvrství. Po hiátu v závěru sedimentace této jednotky, na hranici Mississippi a Pennsylvanu, vznikla svrchnokarbonská kontinentální uhlonosná molasa karvinského souvrství. Z pohledu stratigrafického je karbonský útvar tvořen dvěma souvrstvími, ostravským a karvinským. Stáří karbonu dosahuje kolem 300 až 350 miliónů let a jeho mocnost se pohybuje kolem 4000 m, ze kterých přibližně 2800 m přísluší staršímu ostravskému souvrství a 1200 m mladšímu karvinskému souvrství. [5], [6]

Ostravské souvrství jako stratigrafická jednotka byla zaznamenána již v roce 1877, řadí se do spodního namuru. Stáří je doloženo četnými faunistickými nálezy. Nálezy byly tvořeny mlži, plži, ramenonožci, hlavonožci a trilobiti. Významný byl taktéž nález značné flóry, mezi kterou můžeme zahrnout plavuně, přesličky a kapradiny. Ostravské souvrství členíme na čtyři hlavní litostratigrafické jednotky. Kam řadíme vrstvy petřkovické, hrušovské, jaklovecké a porubské. [6]

O něco mladší karvinské souvrství bylo popsáno v roce 1885. Fauna karvinského souvrství zahrnuje nálezy mlžů, škeblověk a ojediněle hmyzu. Jsou zde zaznamenány i nálezy flóry, především zástupci sigilárií a kapradin. Karvinské souvrství členíme na tři litostratigrafické jednotky, zastoupeny sedlovými, sušskými a doubravskými vrstvami. [6]

Oblast otřesů v rámci diplomové práce zahrnuje sloje 504 až 674. Dle litostratigrafického členění karbonu hornoslezské pánve se tyto sloje řadí do Sedlových a spodních Sušských vrstev karvinského souvrství (Obr. 4). Jednotlivé vrstvy ostravského a karvinského souvrství jsou znázorněny v odkryté geologické mapě ČHP (Obr. 5). [6]

PENNSYLVAN				Česká republika				Polská republika			
STEPHAN								západní část		východní část	
WESTPHAL								KRAKOWSKA SERIA PIASKOWCOWA		ARKOZA KWACZALSKA	
D											
bolsov											
duckmant											
langsett				SERIA MUŁWCOWA		WARSTWY ORZESKIE s. s.					
SOUVRSTVÍ KARVINSKÉ											
svrchní											
VRSTVY DOUBRAVSKÉ											
				vyšší		sloj 962					
				doubravské		sloj 901					
				doubravské		sloj 876					
				s. s.		sloj 804					
						sloj 747					
				svrchní		sloj 703					
				spodní		sloj 686					
				sl. f. h. Huberta							
						sloj 605					
						sloj 564					
				VRSTVY SEDLOVÉ							
				(Prokop) sloj 504							
				HIÁT							
				sk. f. h. Gaeblera (XXVII)		sloj 499					
				VRSTVY PORUBSKÉ							
						sloj 403					
				sk. f. h. Barbory (XXI)		sloj 385					
				VRSTVY JAKLOVECKÉ							
						sloj 301					
				sk. f. h. Enny (XVI)		sloj 255					
				VRSTVY HRUŠOVSKÉ							
				svrchní		sloj 201					
				spodní		sloj 169					
				sk. f. h. Františky (XII)							
						sloj 102					
				hlavní ostravský brousek		sloj 099					
				sk. f. h. Nanety (IX)							
				VRSTVY PETŘKOVICKÉ							
						sloj 009					
				sk. f. h. Štúra							
				VRSTVY KYJOVICKÉ							
				WARSTWY MALINOWICKIE =		WARSTWY ZALASKIE					
				Upper		Lower					



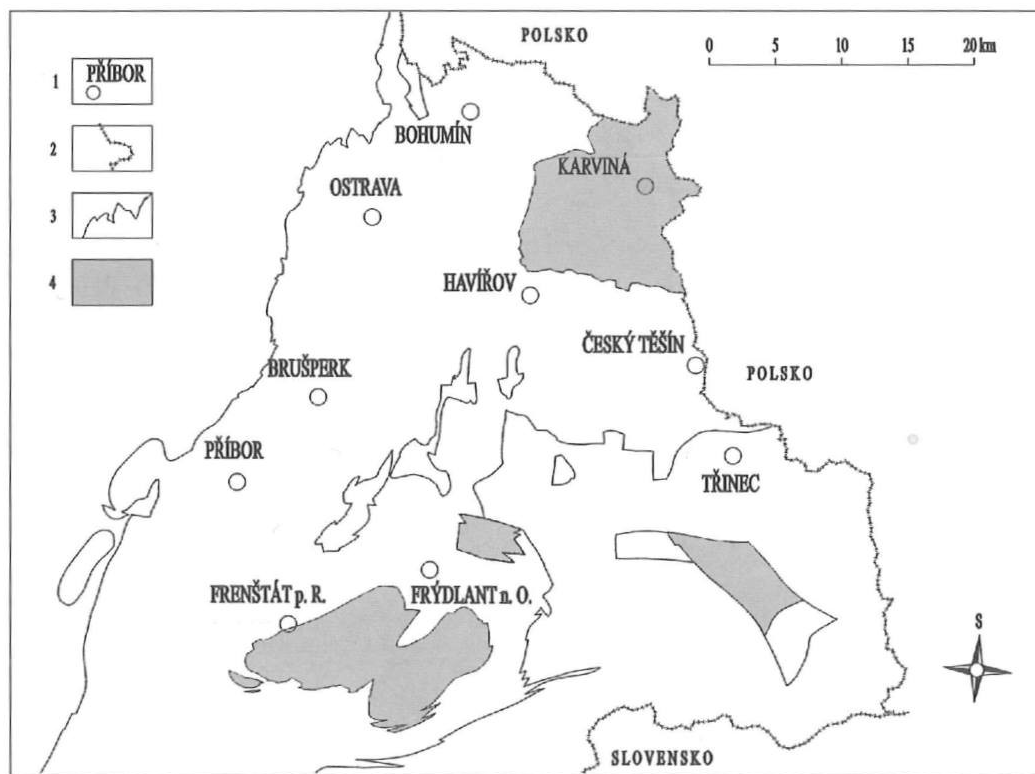
Obr. 5: Odkrytá geologická mapa karbonu ČHP [4]

1 a 2 souvrství karvinské – vrstvy: 1 – doubravské a svrchní sušské, 2 – spodní sušské a sedlové, 3 až 6 souvrství ostravské – vrstvy: 3 – porubské, 4 – jaklovecké, 5 – hrušovské, 6 – petřkovické, 7 – flyšový vývoj spodního karbonu, 8 – karbonátový vývoj spodního karbonu a devonu, 9 – bazální klastika devonu, 10 – krystalinikum, 11 – česko – polské státní hranice, 12 – průběh významných zlomů (a – ověřený průběh, b- předpokládaný průběh), 13 – osy antiklinál a synklinál, 14 – obce. ZS – pásmo západních sedel, ZOZ – západní okrajový zlom, MS – michálkovická struktura, OS – orlovská struktura, BZ – bludovický zlom, JZ – janovický zlom, BS – zlomové pásmo beskydského stupně.

3.1.1. SEDLOVÉ VRSTVY

Spodní hranice Sedlové vrstvy začíná slojí číslo 504 s názvem Prokop. Horní část je ohraničená slojí 605/606. Z biostratigrafického členění se sedlové vrstvy řadí do svrchního namuru. Sedlové vrstvy se v rámci ČHP vyskytují v oblasti karvinské, frenštátské a

jablunkovské (Obr. 6). Mocnost těchto vrstev na Karvinsku dosahuje 150 až 320 metrů, na frenštátsku se mocnost pohybuje kolem 175 metrů. Vrstva klesá východním směrem a při okraji průzkumného území Čeladná – Krásná končí. Na Jablunkovsku se nachází zachovaná část sedlové vrstvy o mocnosti 135 metrů. [6]



Obr. 6: Výskyt sedlových vrstev v ČHP [6]

1 – sídla, 2 – státní hranice, 3 – hranice ČHP, 4 – oblast výskytu sedlových vrstev

U sedlových vrstev převládají pískovce a slepence, které tvoří 70 až 85 % mocnosti mezilos slojí. Z hlediska uhlonosnosti, mocnosti i vývoje uhelných slojí rozlišujeme v sedlových vrstvách dva úseky, spodní a svrchní. Spodní úsek zahrnující sloje 504 až 530, dosahuje mocnosti přibližně 90 metrů, zahrnuje tři až šest slojí s průměrnou mocností převyšující 3,5 metru. Svrchní úsek zahrnující sloje 532 až 564, dosahuje mocnosti přes 135 metrů, zejména v ložisku Dětmárovice – Petrovice až 190 metrů. Tento úsek zahrnuje tři až deset slojí s nižší mocností, v průměru 1,1 metr. [6]

V sedlových vrstvách se nachází 6 až 27 uhelných slojí a slojek, jejichž mocnost dosahuje 0,4 m a více. Mezi nejvýznamnější a nejstálější sloj uhlonosného karbonu nejen v ČHP ale v celé HP, charakteristickou pro svoji jednoduchost, řadíme základní sloj této jednotky, je to

sloj číslo 504 s názvem Prokop. Sloj Prokop dosahuje mocnosti 5 m na Karvinsku, mocnost sloje se dále zvyšuje směrem na východ, kde jsou záznamy o mocnosti kolem 10 m. Nejvyšší zaznamenaná mocnost pochází z dolu ČSM, mocnost zde dosahovala 15,25 m. [6], [4]

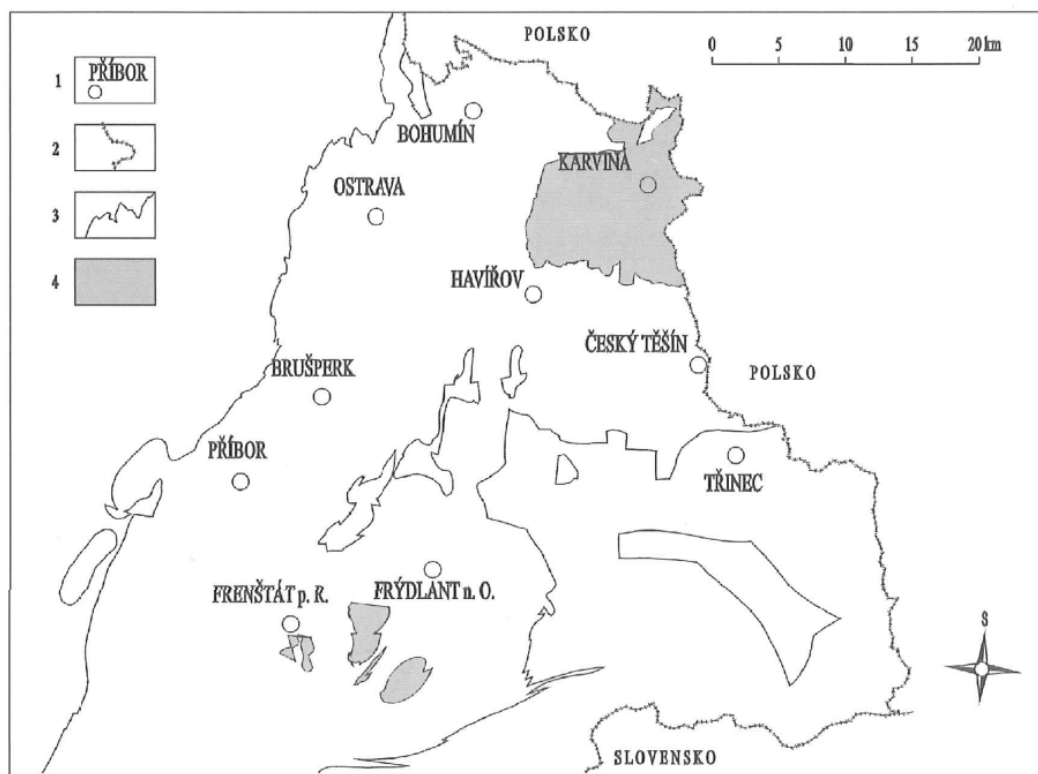
3.1.2. SUŠSKÉ VRSTVY

Sušská vrstva karvinského souvrství je ze spodní části ohraničena slojí 605/606 a svrchní část je ohraničena slojí 804. V nadloží sloje 686 s názvem Hubert se nachází litostratigrafické hranice mezi spodními a svrchními sušskými vrstvami, tato hranice odpovídá hranici mezi Amurem a Westphalem. V téže sloji 686 byly nalezeny výstupy celopánevně významné skupiny faunistických horizontů Huberta, zejména sladkovodní. [6]

V plném vývoji jsou zaznamenány sušské vrstvy pouze na Karvinsku (Obr. 7), (Obr. 8). Mocnost spodních sušských vrstev se pohybuje mezi 178 až 265 metry, v průměru dosahují 230 metrů. Oproti tomu svrchní sušské vrstvy dosahují jen 107 až 160 metrů, v průměru 135 metrů. [6]

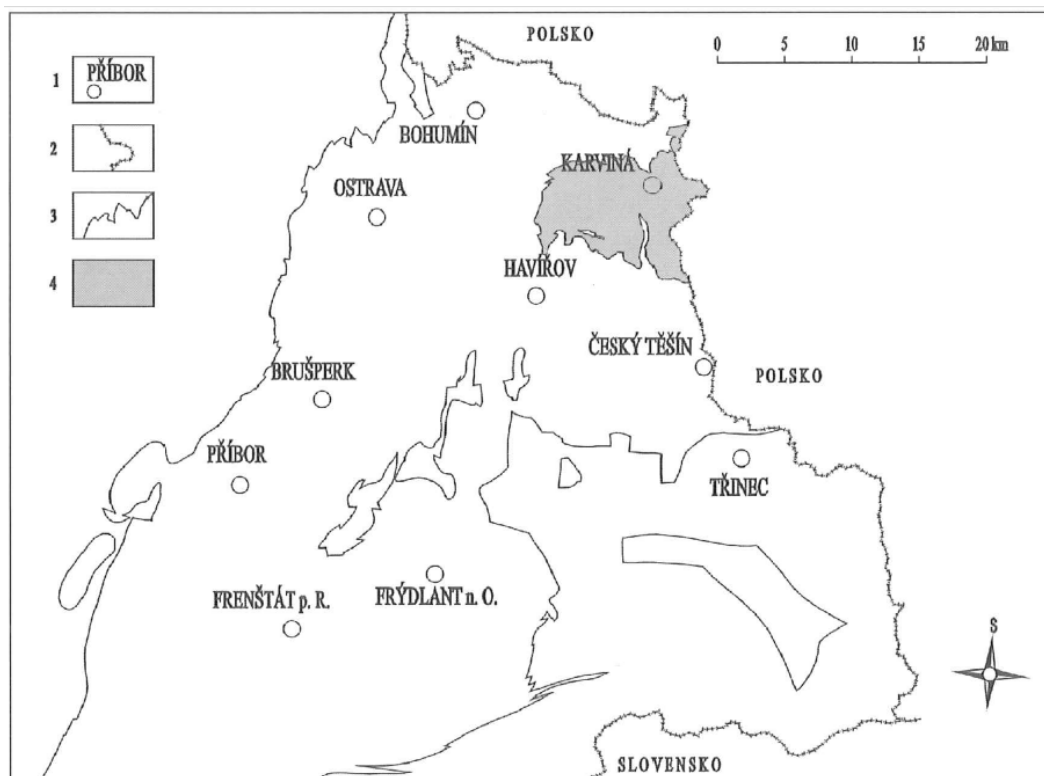
Vývoj spodních sušských vrstev navazuje na vývoj sedlových vrstev. Oproti sedlovým vrstvám se však drobnozrnné slepence vyskytují jen ojediněle a to jen na východě karvinska. Ve svrchních sušských vrstvách je možno pozorovat již zřetelné zjemnění sedimentů. Písčítost spodních sušských vrstev je rovna 55 %, u svrchních sušských vrstev dosahuje hodnota písčítosti jen 22 %. [6]

Mocnost slojí u spodních sušských vrstev dosahuje až 4,6 metrů, v průměru 1,7 metrů. Mocnost slojí u svrchních sušských vrstev dosahuje 4,4 metrů, v průměru 1,4 metrů. Uhelné sloje mají zejména u spodní jednotky složitý vývoj, velmi často dochází k jejich nepravidelnému spojování, místy vyклиňují, zřídka vyhlušují nebo následkem eroze chybí. Mezující sloj mezi spodními a svrchními sušskými vrstvami, sloj Hubert je považována z hlediska prostorového uspořádání za nejvyšší sloj spodních sušských vrstev. Mocnost této sloje dosahuje 0,8 až 1,5 m v západní části karvinské oblasti, naopak tomu je na dolech Darkov a ČSM, kde byla zaznamenaná mocnost až přes 2 m. [6], [4]



Obr. 7: Výskyt spodních sušských vrstev v ČHP [6]

1 – sídla, 2 – státní hranice, 3 – hranice ČHP, 4 – oblast výskytu spodních sušských vrstev



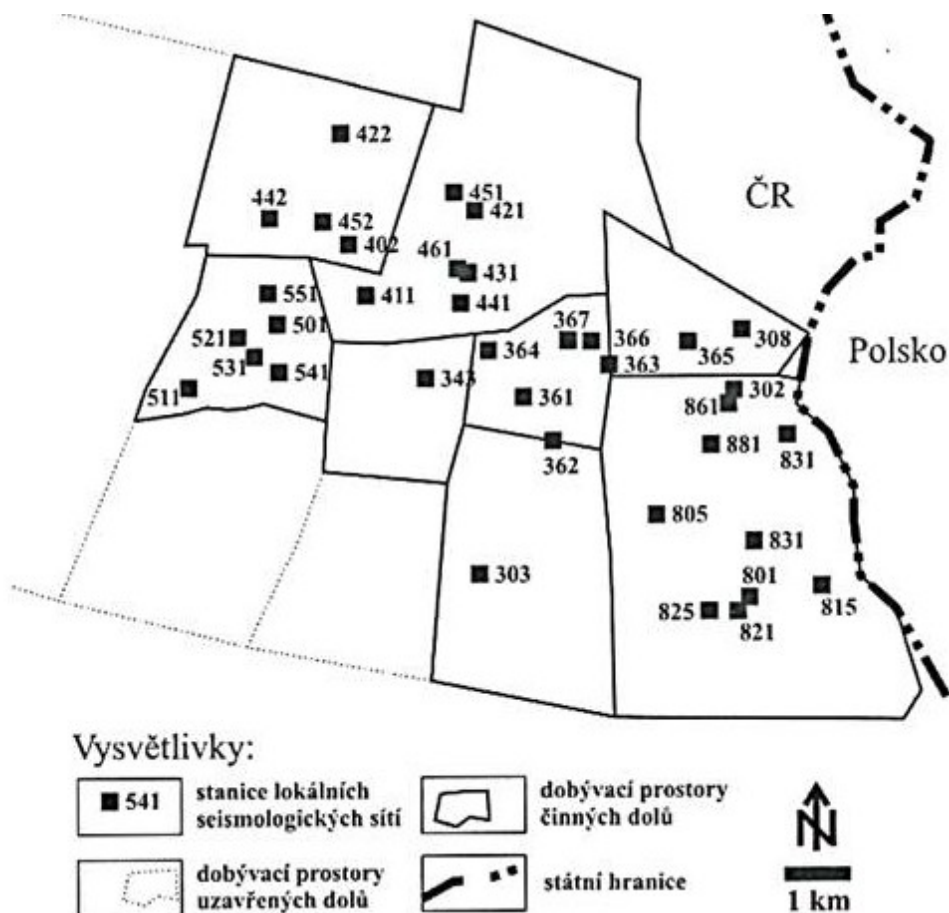
Obr. 8: Výskyt svrchních sušských vrstev v ČHP [6]

1 – sídla, 2 – státní hranice, 3 – hranice ČHP, 4 – oblast výskytu svrchních sušských vrstev

4. SEISMICKÝ MONITORING

Seismický monitoring řadíme mezi geofyzikální měření, které je v dnešní době nezbytnou součástí jak průzkumných prací, tak i kontrolního měření opakovaného v čase. Geofyzikální měření v OKR zahrnuje nepřetržité sledování seismologické a seismoakustické aktivity, kterou se projevuje porušování horninového masivu při hornické činnosti. Tyto metody jsou součástí prognózy vzniku otřesů. Seismologický monitoring se v OKR provádí od 90. let 20. století a v současné době zahrnuje lokální síť a regionální síť seismických stanic. [8]

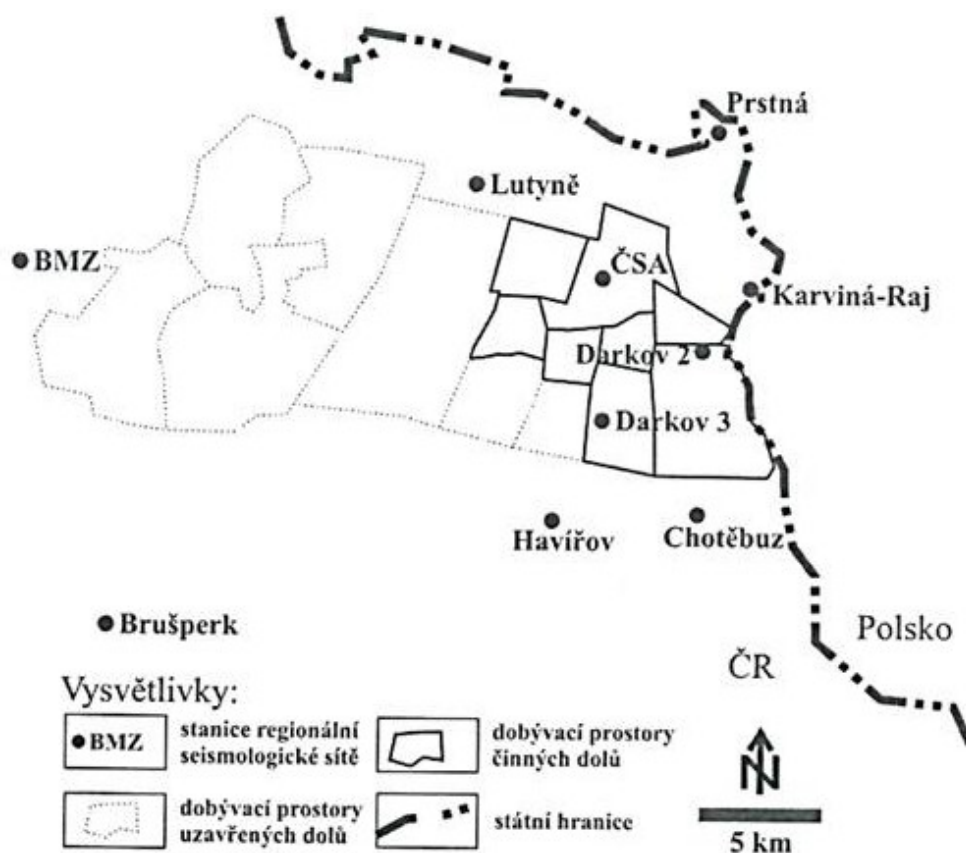
Lokální síť seismických stanic zahrnuje stanice používané jednotlivými doly pro kontrolu a sledování seismicity v dobývacím prostoru dolu (Obr. 9). V devíti dobývacích prostorech tří dolů je nyní provozováno 35 stanic, z toho 33 podzemních stanic. Stanice se začaly stavět od roku 1979, následně v první polovině 90. let minulého století byly zařízeny digitálními aparaturami UGA – SL a vertikálními seismometry SM – 3. [8]



Obr. 9: Seismické stanice lokálních seismologických dolů – stav březen 2008 [7]

Regionální síť seismických stanic, obklopujících karvinskou dílčí pánev, tvoří tzv. Seismologický polygon (Obr. 10). Seismologický polygon byl uveden do provozu 1. 1. 1992. Nyní zahrnuje celkem deset, z nichž se šest stanic nachází na povrchu se snímači umístěnými v mělkých vrtech, které dosahují hloubky 30 m, ty slouží k eliminaci poměru signálu k šumu. Další stanice se nachází při Báňské měřické základně v Ostravě – Krásném Poli. Poslední tři stanice slouží ke spojení sítě Seismologického polygonu na lokální síť stanic a nacházejí se v podzemní části dolů karvinské části OKR. Jedna z podzemních stanic byla v roce 2007 přemístěna z uzavřeného dobývacího prostoru Dukla na hranici Dolu Darkov a Dolu ČSM. [8], [9]

Každá stanice v rámci seismologického polygonu je vybavena třísložkovým snímačem se seismometrem WDS – 2Hz a digitální aparaturou Lennartz Electronic. Třísložkový snímač WDS – 2Hz slouží k zaznamenávání jedné vertikální složky pohybu a dvou na sebe kolmých horizontálních složek pohybu, z nichž jedna je orientována na sever a jih a druhá na východ a západ. [9]



Obr. 10: Seismické stanice regionální seismologické sítě – stav březen 2008 [7]

Analytický rozbor důlního otřesu byl zpracováván firmou Green Gas DPB, a.s. Tento rozbor obsahuje přehled důlních otřesů za jednotlivý rok a jejich stručný popis a zhodnocení (Obr 12).

1. Přehled otřesových jevů v roce 1993 v OKR

V roce 1993 došlo na dolech ostravsko-karvinského revíru k 6 otřesovým jevům. Tři byly klasifikovány jako důlní otřesy a 3 jako mikrootřesy. Při těchto jevech bylo zaznamenáno 24 úrazů, označených jako ostatní. Přehled otřesových jevů je v následující tabulce:

Tabulka č. 1

Důl, závod	kra	Číslo sloje místní (revírní)	DO MO		Urazy		
					Ostatní	těžké	smrtelné
Dukla	4	XVI/530	-	1	-	-	-
CSA, záv. 3	3	37c ₁ c ₂ /530	1	-	4	-	-
Dukla	4	XVI/530	-	1	1	-	-
CSA, záv. 1	4	37c ₁ c ₂ /530	1	-	1	-	-
CSA, záv. 1	4	37c ₁ c ₂ /530	-	1	3	-	-
Doubrava	7	39/516	1	-	15	-	-

Z tabulky vyplývá, že ke všem otřesovým jevům v roce 1993 došlo pouze v karvinské dílčí pánvi, ve slojích sedlových vrstev. Všechny tyto sloje jsou zařazeny do stupně C – s nebezpečím otřesů ve smyslu čl. 03 rozhodnutí čj. 50/1991 OBÚ v Ostravě.

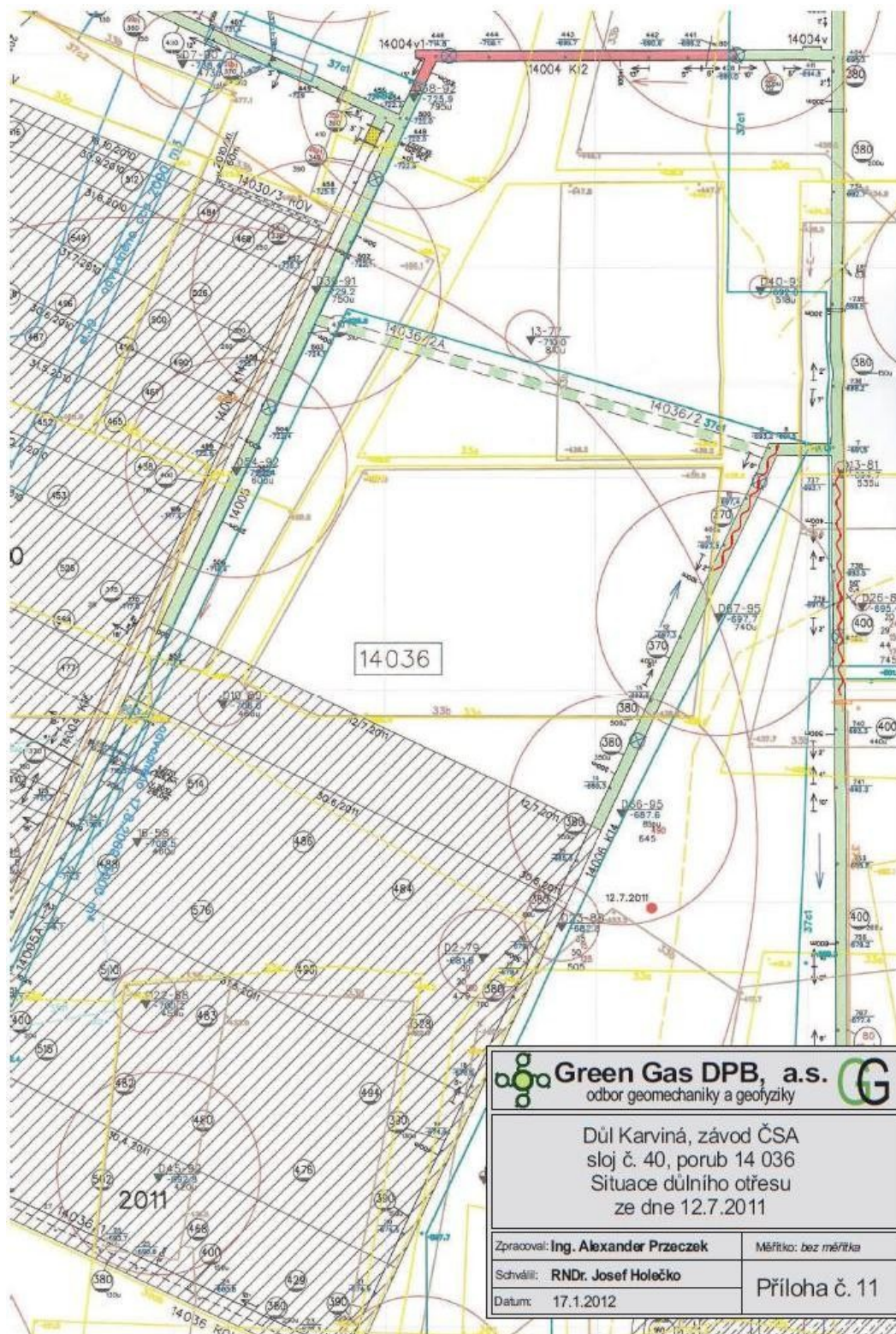
2. Stručný popis jednotlivých otřesových jevů

2.1 Důlní otřes na Dole Dukla ze dne 17.1.1993

K jevu došlo v oblasti porubu 16 419 na chodbě č. 16 429d ve 02 hod. 51 min. Hodnota uvolněné energie činila $4,9 \cdot 10^4$ J. K mikrootřesu došlo v době, kdy směna byla neobsazena. Na výše uvedené chodbě cca 75 – 95 m před porubem byla zcela devastována PVU č. 270. V úseku 37 – 45 m byla rozvolněná a zvednutá počva o cca 30 cm. Byly rovněž zaznamenány prokluzu v úseku 35 – 46 m na TH až o 50 mm s ojedinělým popraskáním a polámáním pažení. V úseku 35 – 45 m byl znatelný pokles závěsné dráhy ZD-24 až o 40 cm. Při mikrootřesu nedošlo k žádnému zranění.

Obr. 12: Příklad protokolu Analytického rozboru důlního otřesu [12]

Výkresové dokumentace důlních otřesů jsou zpracovávány v podobě situačních map (Obr. 13), nejčastěji v měřítku 1 : 2000. Důlní mapy vyobrazují dotčené okolí otřesů a obsahují vyznačení poškozených úseků a polohou registrovaného seismického jevu. [10]



Obr. 13: Příklad výkresové dokumentace důlního otřesu [12]

Data byla zpracována pomocí tabulkového procesoru MS Excel a následně statisticky vyhodnocována pomocí softwaru Statistica 12. [13]

Pro zpracování rozsahu deformací byly použity Evidenční listy otřesů. Celkem bylo poskytnuto 64 Evidenčních listin, které byly zpracovány v tabulkovém procesoru. Data byla doplněna z Analytických rozborů důlních otřesů. Zpracovaný soubor obsahuje celkem 118 záznamů (Příloha 1), které jsou popsány základními parametry důlního otřesu:

- pořadové číslo otřesu,
- uvolněná energie [J],
- délka poškozeného úseku [m].

5.1. ROZSAH DEFORMACÍ

Jedním ze základních parametrů analýzy závislosti rozsahu deformací důlních děl při otřesu na uvolněné seismické energii je délka poškozeného úseku. Parametr délky poškozeného úseku byl zpracován jako součet všech staničení bez podrobnější analýzy způsobu porušení. Parametr délky poškozeného úseku nerozlišuje:

- celkový zával důlního díla,
- částečné zúžení,
- vyzdvižení počvy,
- deformace a prokluzu na obloukové výztuži,
- poškození dobývacího kombajnu, pásového dopravníku,
- poškození větracích luten,
- poškození protivýbuchových uzávěr.

Výchozím předpokladem další analýzy bylo použití lineární regrese. Tento přístup znamená, že průzkumová analýza jednotlivých proměnných (délka poškozeného úseku, registrovaná seismická energie) musí potvrdit, že použitá data mají normální rozdělení. Pokud to průzkumová analýza nepotvrdí, je nezbytné použít statistickou transformaci dat. [14]

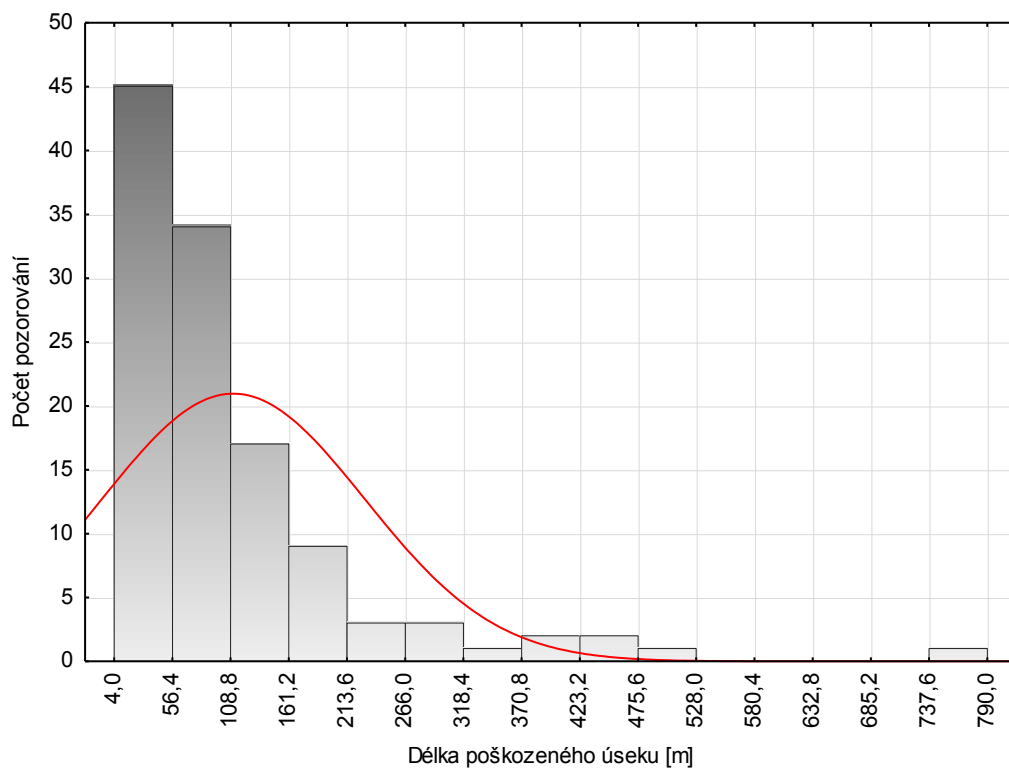
Průzkumová analýza souborů dat byla provedena pomocí statistického softwaru Statistica 12. [13] Rozdělení dat délek poškozeného úseku charakterizuje histogram (Obr. 14) a pravděpodobnostní graf normálního rozdělení (Obr. 15). Dle zhotovených grafů a výpočtů zahrnutých v tabulce výsledků testu normality (Tab. 1) je možné usoudit, že výsledek průzkumové analýzy potvrdil, že se nejedná o data s normálním rozdělením.

Jak již bylo uvedeno výše, je v tomto případě nezbytné nalézt vhodnou statistickou transformaci dat, která zajistí, že transformovaná data vyhoví podmínkám normálního rozdělení. Pro transformovaná data je opět nezbytné provést průzkumovou analýzu a pomocí této analýzy prokázat vhodnost vybrané transformace a potvrzení normality dat. Byly použity transformace vycházející z matematických operací: logaritmická, mocninná a odmocninová.

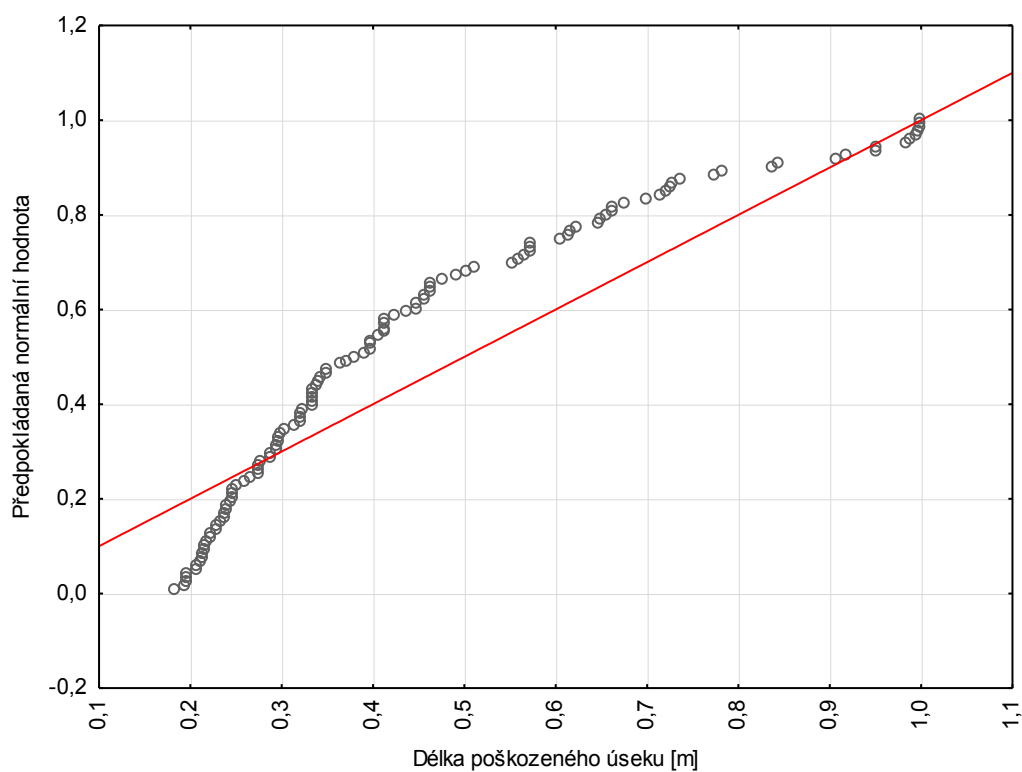
Pro délku poškozeného úseku byla použita jako nejvhodnější logaritmická transformace. Rozdělení transformovaných dat délek poškozeného úseku charakterizuje histogram (Obr. 16) a pravděpodobnostní graf normálního rozdělení (Obr. 17). Takto transformovaná data délek poškozeného úseku již splňují požadavek normálního rozdělení, tudíž je lze použít pro další analýzu a použít lineární regresi.

Tab. 1: *Výsledky testu normality délek poškozených úseků*

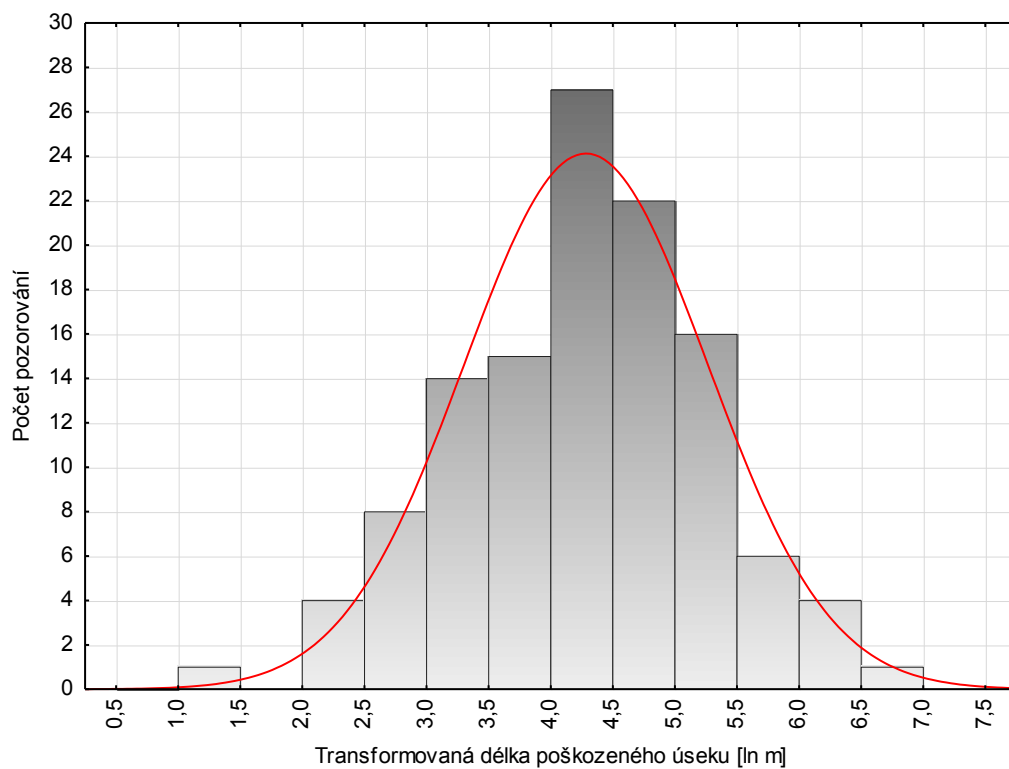
	Délka	Transformovaná délka
Průměr	110,63	4,26
Rozptyl	13727,69	0,94
Šikmost	2,73	-0,19
Špičatost	10,28	-0,02
Normalita	Zamítnuta	Přijata



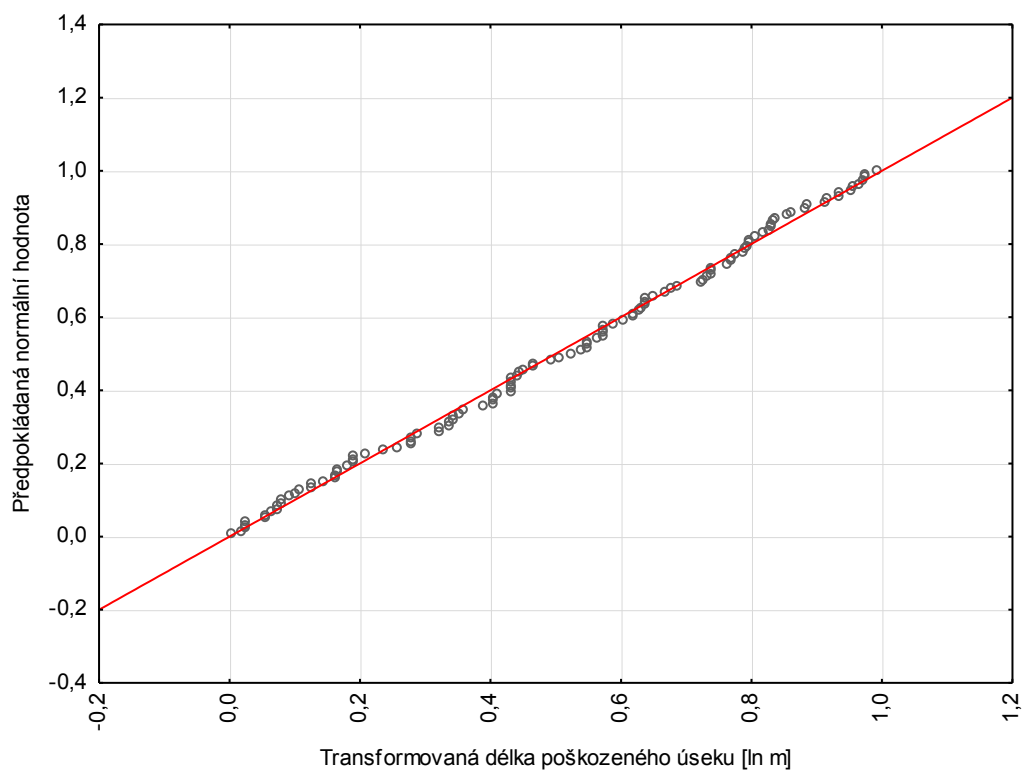
Obr. 14: Histogram délky poškozeného úseku



Obr. 15: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení délky poškozeného úseku



Obr. 16: Histogram transformované délky poškozeného úseku



Obr. 17: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení transformované délky poškozeného úseku

5.2. REGISTROVANÁ SEISMICKÁ ENERGIE

Součástí seismologického sledování jednotlivých jevů je kromě lokalizace ohnisek také určení dalších parametrů, mezi které se řadí seismická energie. Při vzniku seismického jevu se uvolňuje část mechanické energie, kterou představuje seismická energie, která se šíří z ohniska všemi směry v podobě seismických vln. [7]

Seismická energie je vypočtena každou seismickou stanicí zvlášť, výsledná hodnota seismické energie je geometrický průměr jednotlivých vypočtených hodnot, při zohlednění nápadně maximálních a minimálních hodnot zaznamenaných energií ve vztahu k místu lokalizace seismologického jevu. Seismická energie jevů zaznamenaných seismickým polygonem je určovaná na jednotlivých stanicích dle následujícího vztahu. [7]

$$E_{OKR} = \left(\frac{1}{2} \cdot \pi\right) \cdot \rho \cdot v \cdot d^2 \cdot e^{2 \cdot \alpha \cdot (d-1)} \cdot A^2 \cdot \tau$$

kde:	A	... maximální amplituda rychlosti kmitání [m.s ⁻¹],
	d	... vzdálenost ohniska [km],
	α	... útlum pro P-vlny = 0,006, pro S-vlny = 0,004,
	ρ	... měrná hmotnost prostředí [kg.m ⁻³],
	v	... rychlost šíření vln [m.s ⁻¹],
	τ	... doba trvání [s].

Veškerá data lokálních seismických sítí společně s daty z monitorování regionálních sítí se vyhodnocují společně od roku 2002 ve vyhodnocovacím centru společnosti Green Gas DPB, a.s. v Paskově. Jednotlivé stanice slouží nejen pro zaznamenávání seismicity daného dolu, ale také i širšího okolí. Z jednotlivých dolů jsou přenášena data do vyhodnocovacího centra, kde jsou průběžně sledována a vyhodnocována. Následně jsou přenášena zpět na jednotlivá seismická pracoviště dolů, kde slouží pro průběžnou prognózu otřesů. [7]

Lokální síť je schopna zaznamenat energii v rozsahu od $2,0\text{E}+01$ J do $1,0\text{E}+02$ J. V oblastech s dobrým pokrytím stanicemi jejich lokalizační přesnost dosahuje až 100 metrů jak v horizontální tak i vertikální složce. V oblastech s méně dobrým pokrytím stanicemi jejich lokalizační schopnost klesá, lokalizační chyba roste, může dosáhnout až chyby o hodnotě 200 metrů. [7]

Na stejném principu je používána i regionální síť, která je schopná zaznamenat uvolněnou seismickou energii v rozsahu od $2,0\text{E}+02$ J do $2,0\text{E}+03$ J. Často jsou zaznamenávány i jevy o menší energii, však bez možnosti jejich lokalizace. Lokalizační přesnost seismologického polygonu dosahuje až do 250 metrů jak v horizontální tak i vertikální složce. [7]

„Pro vybrané oblasti porubů a ražeb se sleduje a interpretuje zejména:

- lokalizace seismických jevů v oblasti důlního díla,
- velikost seismické energie jednotlivých seismických jevů i celkově vyzářené množství seismické energie za zvolený časový interval,
- změny vývoje seismické aktivity v součtovém (Benioffově) grafu a jeho gradientu ve zvoleném intervalu (denní přírůstek, týdenní směrnice součtového grafu apod.), změny energeticko – četnostní distribuce a její vývoj v čase.“ [7]

5.2.1. ANALÝZA REGISTROVANÉ SEISMICKÉ ENERGIE

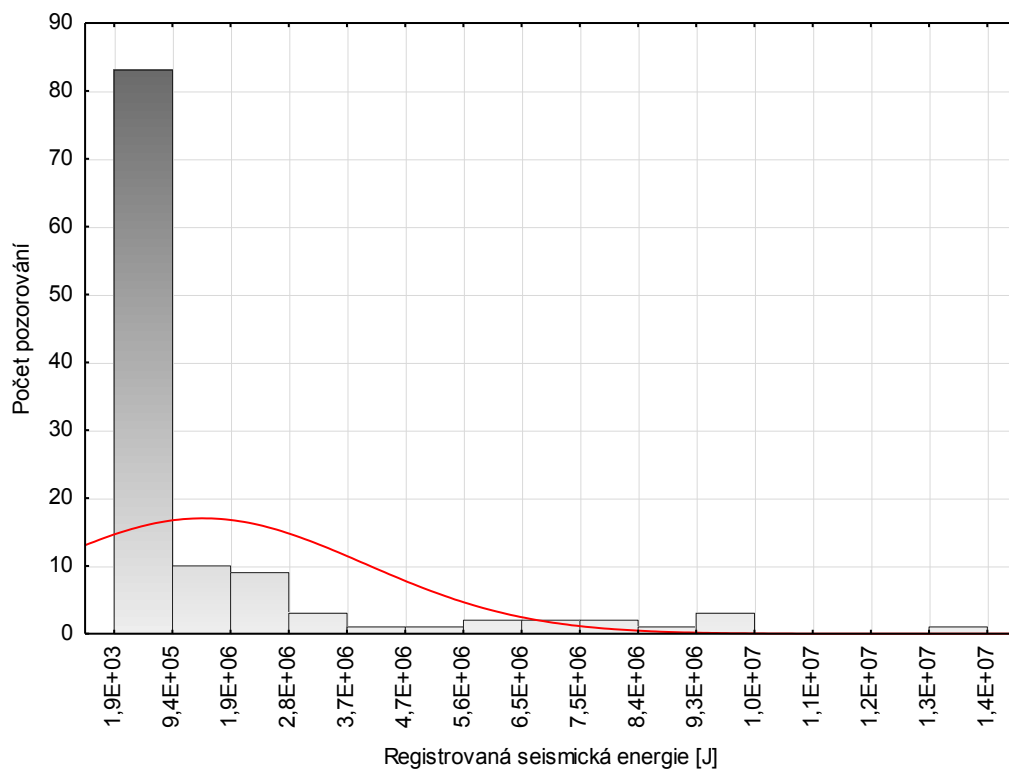
Obdobně jako soubor dat délek poškozeného úseku se analyzoval i soubor dat registrované seismické energie, která je základním parametrem každého registrovaného seismického jevu.

Následovala analýza pro ověření, zda souboru dat odpovídá normálního rozdělení. Rozdělení dat registrované seismické energie charakterizuje histogram (Obr. 18) a pravděpodobnostní graf normálního rozdělení (Obr. 19). Dle zhotovených grafů a výpočtů zahrnutých v tabulce výsledků testu normality (Tab. 2) je možné usoudit, že výsledek průzkumové analýzy potvrdil, že se nejedná o data s normálním rozdělením.

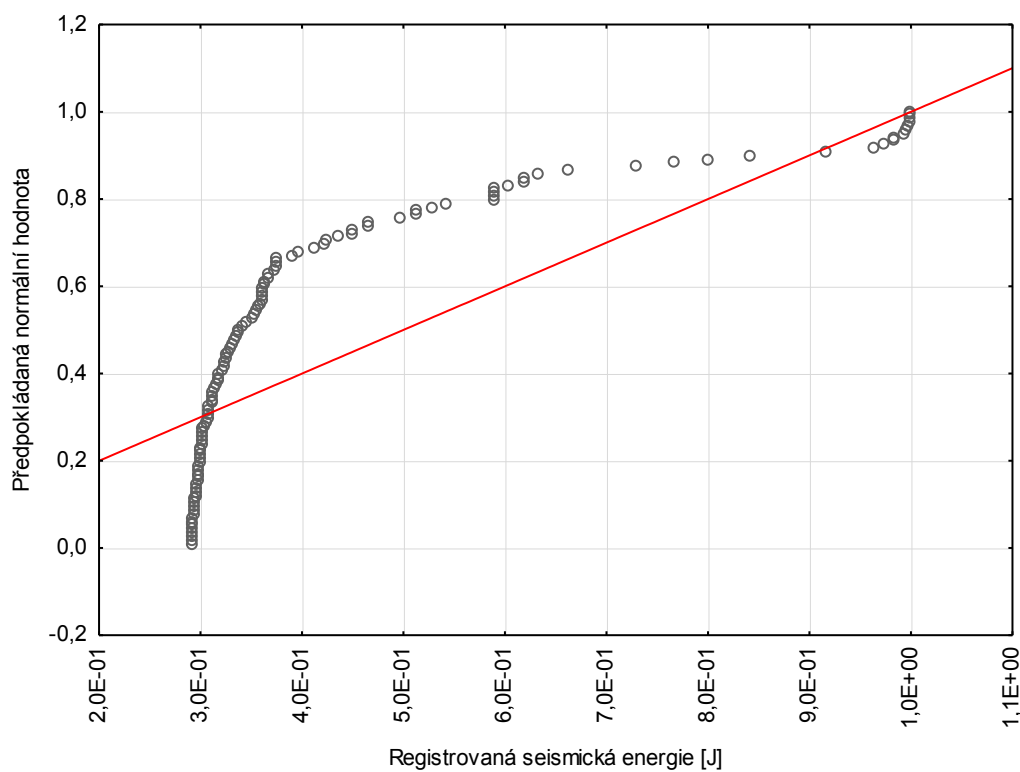
Dalším krokem bylo nalezení vhodné statistické transformace dat. Pro registrovanou seismickou energii byla použita jako nejvhodnější logaritmická transformace. Rozdělení transformovaných dat registrované seismické energie charakterizuje histogram (Obr. 20) a pravděpodobnostní graf normálního rozdělení (Obr. 21). Takto transformovaná data registrované seismické energie již splňují požadavek normálního rozdělení a tudíž je lze použít pro další analýzu a použít lineární regresi.

Tab. 2: *Výsledky testu normality registrované seismické energie*

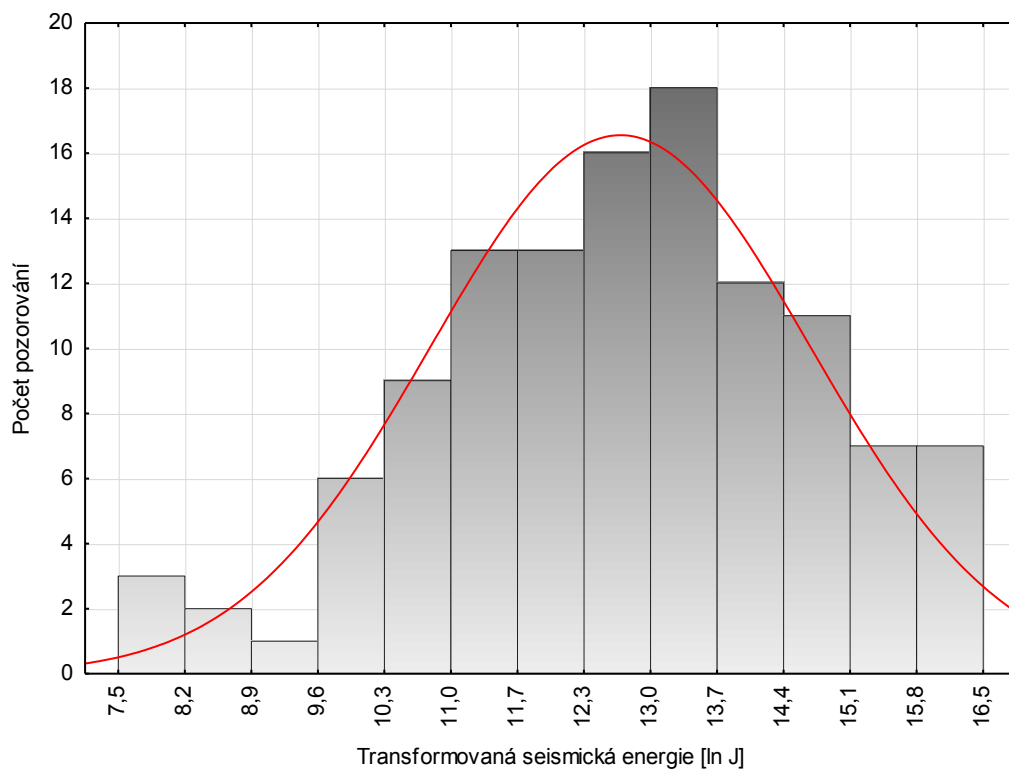
	Energie	Transformovaná energie
Průměr	1,42E+06	12,69
Rozptyl	6,60E+12	3,76
Šikmost	2,69	-0,27
Špičatost	7,24	-0,22
Normalita	Zamítnuta	Přijata



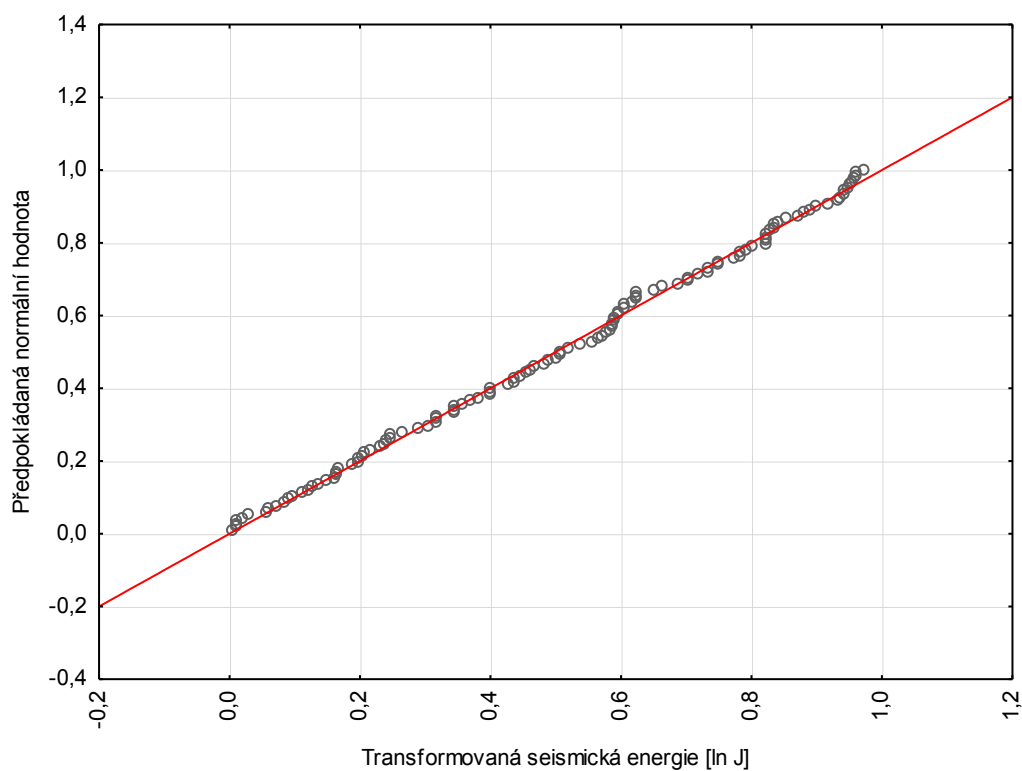
Obr. 18: Histogram registrované seismické energie



Obr. 19: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení registrované seismické energie



Obr. 20: Histogram transformované registrované seismické energie

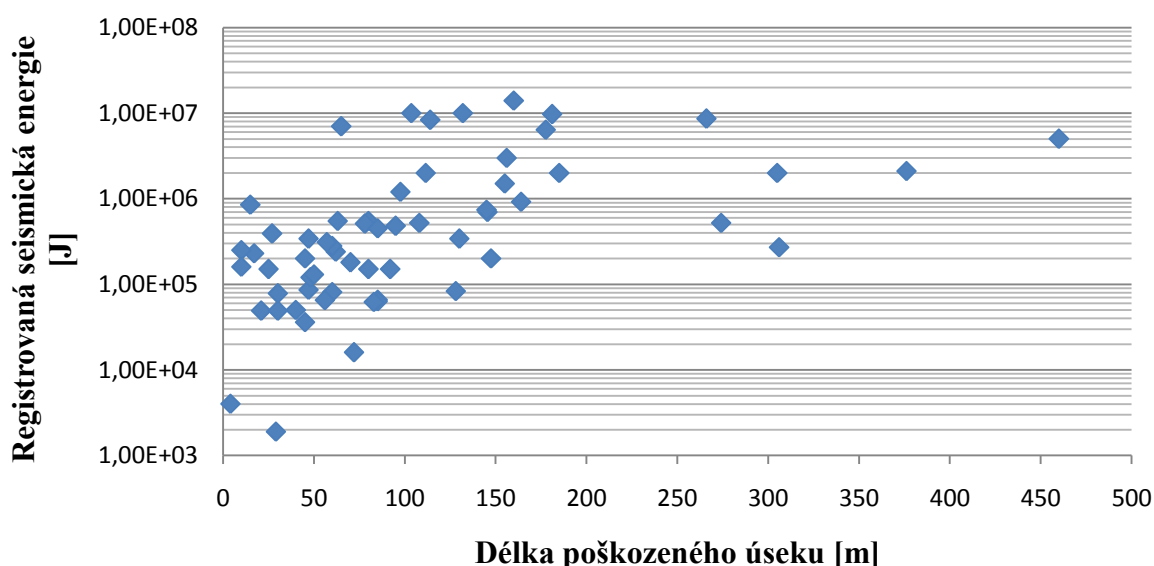


Obr. 21: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení transformované registrované seismické energie

5.3. VZDÁLENOST PROJEVŮ OTŘESŮ OD REGISTROVANÉHO SEISMICKÉHO JEVU

Pro zpracování vzdáleností otřesů od registrovaného seismického jevu byla poskytnuta výkresová dokumentace – schematické mapy důlních otřesů (Obr. 13). Data byla zpracována v tabulkovém procesoru MS Excel a vycházela z výše zmíněného datového souboru rozšířeného o vzdálenosti zjištěné z výkresové dokumentace. Zpracovaný soubor obsahuje celkem 60 záznamů.

Ze zpracovaného souboru byl v první řadě zpracován graf v semilogaritmickém měřítku (Obr. 22), kde na ose X je vynesena délka poškozeného úseku v metrech a na ose Y registrovaná seismická energie v Joulech.



Obr. 22: Porovnání délky poškozeného úseku s registrovanou seismickou energií

V grafu můžeme pozorovat otřesy nahromaděné v množině bodů, z nichž se vymyká šest otřesů. U těchto otřesů se registrovaná seismická energie pohybuje od $2,70\text{E}+05$ J do $8,60\text{E}+06$ J a délka poškozeného úseku od 266 m do 460 m. Otřesy vznikly na dolech ČSA, ČSM a na dole Darkov v průběhu let 1995 až 2006.

Pravděpodobná příčina vzniku těchto otřesů a s nimi související délky postižených úseků byly nejčastěji způsobeny těmito faktory:

- blízkostí kerných tektonických poruch,
- působením přídavných napětí od hran nevýrubů nadložních slojí,
- působením přídavných napětí v okolí ochranného pilíře zlikvidovaných jam.

Další často se vyskytující vlivy jsou:

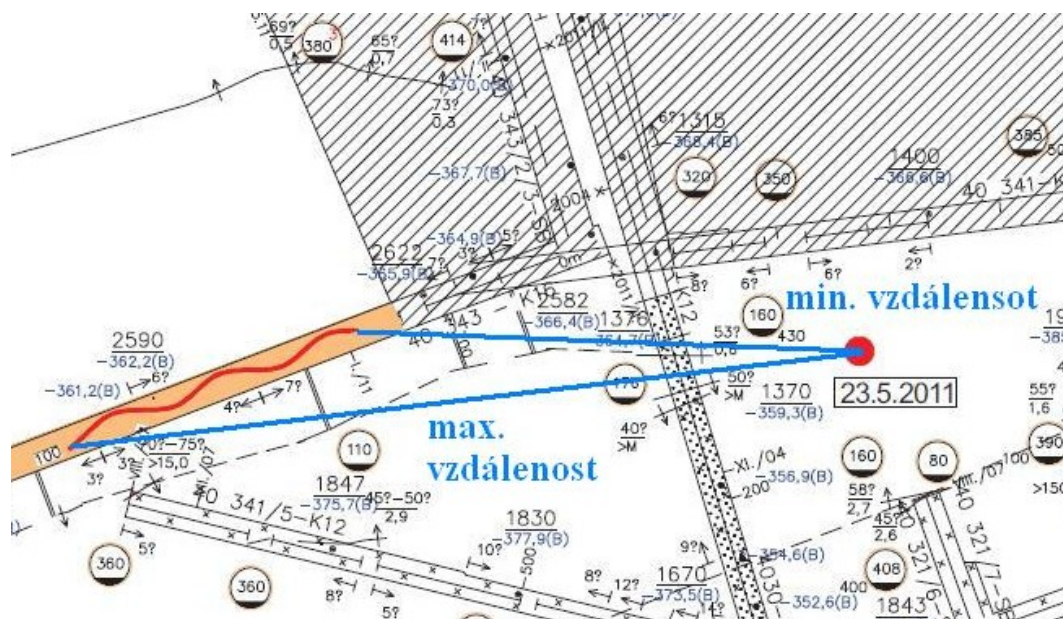
- ponechání uhelné lávky v počvě,
- ponechání uhelného pilíře ve sloji.

Ostatní otřesy se nacházejí pohromadě v množině bodů se značným rozptylem registrované seismické energie při malém rozsahu délek poškozeného úseku. Registrovaná seismická energie se pohybuje v rozmezí od $1,00\text{E}+03$ J do $1,00\text{E}+08$ J a délka poškozených úseků od 4 m do 185 m. Při porovnání registrovaných seismických energií v intervalech po 10 m v úseku délek poškozených důlních děl od 0 m do 200 m se rozdíly registrovaných seismických energií pohybují mezi dvojnásobkem až třicetinasobkem minimální a maximální hodnoty uvolněné seismické energie při otřesu. U dvou případů intervalů rozdíl činil až dvousetipětí násobek a osmdesátíšestí násobek minimální a maximální hodnoty uvolněné seismické energie při otřesu. Tyto extrémní případy se vyskytly v intervalech délek mezi 20 m až 30 m a 60 m až 70 m délek poškozeného úseku důlních děl. U prvního případu registrovaná seismická energie se pohybovala v rozmezí $1,90\text{E}+03$ J až $3,90\text{E}+05$ J a v druhém případě $8,10\text{E}+04$ J až $7,00\text{E}+06$ J.

Dále byla vypracována tabulka, do které byla zaznamenána vzdálenost místa projevu otřesu od místa zaregistrování seismické energie (Tab. 3). Odečet byl proveden pro dvě meze, a to pro minimální a maximální půdorysnou vzdálenost místa projevu otřesů od ohniska registrovaného seismického jevu (Obr. 23). Půdorysná poloha ohniska registrovaného seismického jevu je udávána v souřadnicovém systému JTSK a výšková poloha je udávána v Bpv, přičemž tato hodnota je méně přesná a proto v tomto hodnocení není brána v úvahu. Hodnota je méně přesná z důvodů uložení stanic pro záznam seismologického jevu do podobného výškového rozložení jako realizované dobývací práce a z tohoto důvodu není možné přesněji lokalizovat vertikální složku. [8]

Tab. 3: Zjištěné vzdálenosti projevů otřesů od registrovaného seismického jevu

Č.	UVOLNĚNÁ ENERGIE [J]	DÉLKA POŠKOZENÉHO ÚSEKU [m]	VZDÁLENOST poškozeného úseku	
			min.	max.
1	8,10E+04	60,0	86,0	133,5
2	1,60E+04	72,0	122,5	144,5
3	1,90E+03	29,0	33,5	66,5
4	2,30E+05	17,0	151,5	201,0
5	1,80E+05	70,0	289,0	350,5
6	4,90E+04	21,0	67,5	72,0
7	1,00E+07	132,0	226,0	259,0
8	6,50E+04	56,0	229,5	269,5
9	3,90E+05	27,0	227,0	246,5
10	4,00E+03	4,0	153,0	166,5
11	4,90E+04	30,0	184,0	186,0
12	8,60E+04	47,0	128,0	130,0
13	2,50E+05	10,0	14,0	40,0
14	2,40E+05	62,0	140,	156,0
15	1,50E+05	25,0	180,0	26,0
16	5,00E+04	40,0	45,0	75,0
17	3,60E+04	45,0	70,0	112,0
18	6,60E+04	85,0	48,0	120,0
19	1,20E+06	97,5	68,0	88,0
20	2,70E+05	306,0	25,0	90,0
21	2,00E+05	147,5	58,0	165,0
22	3,40E+05	47,0	30,0	74,0
23	2,80E+05	60,0	70,0	100,0
24	1,00E+07	103,5	12,0	88,0
25	1,50E+05	80,0	48,0	70,0
26	8,30E+04	128,0	48,0	72,0
27	2,00E+06	185,0	52,0	146,0
28	7,00E+06	65,0	12,0	40,0
29	2,00E+05	45,0	30,0	40,0
30	7,80E+04	30,0	74,0	90,0
31	1,60E+05	10,0	42,0	52,0
32	6,30E+04	85,0	30,0	44,0
33	2,00E+06	305,0	28,0	100,0
34	1,20E+05	48,0	82,0	96,0
35	5,00E+06	460,0	180,0	420,0
36	9,20E+05	164,0	20,0	115,0
37	1,50E+06	155,0	5,0	90,0
38	5,20E+05	108,0	65,0	110,0
39	5,50E+05	63,0	15,0	65,0
40	5,50E+05	80,0	50,0	104,0
41	7,00E+05	145,5	94,0	120,0
42	8,50E+05	15,0	45,0	55,0
43	4,80E+05	95,0	160,0	200,0
44	5,10E+05	78,0	44,0	78,0
45	6,40E+06	177,5	4,0	64,0
46	3,00E+06	156,0	18,0	72,0
47	5,20E+05	274,0	14,0	88,0
48	2,10E+06	376,0	6,0	80,0
49	1,50E+05	92,0	14,0	44,0
50	3,40E+05	130,0	6,0	52,0
51	8,60E+06	266,0	22,0	116,0
52	2,00E+06	111,5	14,0	86,0
53	6,20E+04	83,0	92,0	146,0
54	4,50E+05	85,0	205,5	319,0
55	3,10E+05	57,0	8,0	42,0
56	7,40E+05	145,0	133,5	224,5
57	8,30E+06	114,0	66,5	135,0
58	1,30E+05	50,0	144,0	200,0
59	1,40E+07	160,0	221,0	241,5
60	9,70E+06	181,0	116,0	140,5



Obr. 23: Schéma odčítání minimálních a maximálních vzdáleností

Ze zkoumaných dat zahrnutých v tabulce, zjištěných vzdáleností projevů otřesů od registrovaného seismického jevu (Tab. 3), je patrné, že největší počet otřesů byl zaznamenán při registraci seismické energie v intervalu $1,00\text{E}+05$ J až $1,00\text{E}+06$ J. Zde bylo zaznamenáno 29 důlních otřesů, což tvoří 48 % z celkového počtu zaznamenaných dat. Rozložení počtu důlních otřesů vyskytujících se v jednotlivých intervalech registrované seismické energie je uvedeno v následující tabulce (Tab. 4).

Tab. 4: Rozložení počtu otřesů v závislosti na registrované seismické energii

Registrovaná seismická energie [J]	Počet důlních otřesů
$<1,00\text{E}+03; 1,00\text{E}+04)$	2
$<1,00\text{E}+04; 1,00\text{E}+05)$	13
$<1,00\text{E}+05; 1,00\text{E}+06)$	29
$<1,00\text{E}+06; 1,00\text{E}+07)$	13
$<1,00\text{E}+07; 1,00\text{E}+08)$	3

Následně byla sestavena tabulka zahrnující maximální vzdálenosti projevů otřesů od registrovaných seismických jevů (Tab. 5). Z tabulky lze pozorovat, že se vzrůstající seismickou energií roste i maximální vzdálenost projevu otřesů od registrovaných seismických energií, s výjimkou posledního záznamu u registrované seismické energie v intervalu od $1,00\text{E}+07$ J do $1,00\text{E}+08$ J, kde hodnota maximální vzdálenosti je nižší než hodnoty předešlé.

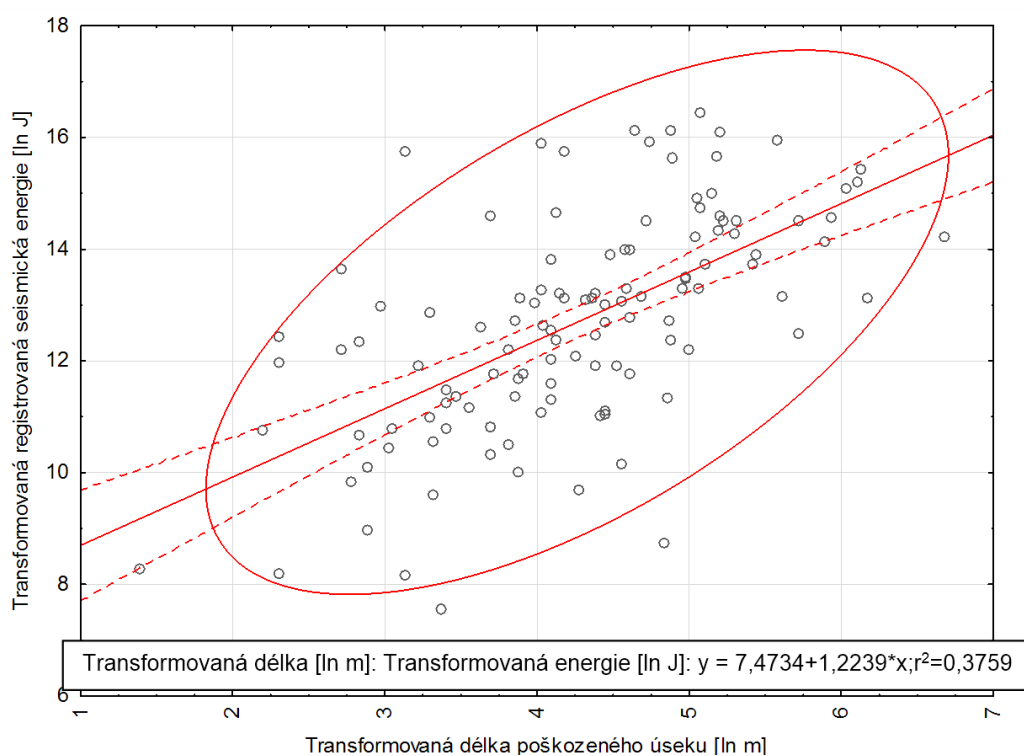
Tab. 5: Maximální vzdálenosti projevů otřesů v závislosti na registrované seismické energii

Registrovaná seismická energie [J]	Max. vzdálenost projevů otřesů od registrovaných seismických jevů [m]
< $1,00\text{E}+03$; $1,00\text{E}+04$)	166,5
< $1,00\text{E}+04$; $1,00\text{E}+05$)	269,5
< $1,00\text{E}+05$; $1,00\text{E}+06$)	350,5
< $1,00\text{E}+06$; $1,00\text{E}+07$)	420,0
< $1,00\text{E}+07$; $1,00\text{E}+08$)	259,0

Z hodnocení vzdálenosti projevů otřesů od registrované seismické energie nelze říci, zda by existoval nějaký vztah či závislost mezi těmito dvěma parametry. V první řadě pro ověření vztahu nebo závislosti by bylo zapotřebí zpracování většího počtu dat. A dále zpřesnění informací o lokalizaci ohniska registrované seismické energie.

5.4. ZÁVISLOST ROZSAHU DEFORMACÍ NA SEISMICKÉ ENERGII

Z výše zpracovaných dat délek poškozených úseků a registrované seismické energie, které po transformaci vyhovují podmínkám normálního rozdělení, bylo možné přistoupit k analýze závislosti obou parametrů za použití lineární regrese. Podkladem pro využití regresní analýzy bylo zhotovení bodového grafu v softwaru Statistica 12. [13] Zde byla každá proměnná vynesena na jednu osu, na ose X je vynesena transformovaná délka poškozeného úseku a na ose Y transformovaná registrovaná seismická energie (Obr. 24).



Obr. 24: Graf závislosti transformované registrované seismické energie [ln J] a transformované délky poškozeného úseku [ln m]

Lineární regresi lze popsat dle následujícího obecného vztahu:

$$y = a + b \cdot x$$

kde: y ... hodnota závislé proměnné,
 x ... hodnota nezávislé proměnné,
 a ... konstanta,
 b ... regresní koeficient.

V případě analýzy registrované seismické energie na délce poškozeného úseku má rovnice lineární regrese následující podobu:

$$y = 7,4734 + 1,2239 \cdot x,$$

kde parametr y je zastoupen transformovanou registrovanou seismickou energií a parametr x odpovídá transformované délce poškozeného úseku. Regresní koeficient udává, o kolik vzroste parametr y , když se změní parametr x o jednotku.

Z grafu lze pozorovat relativně malou závislost mezi registrovanou seismickou energií a délkou poškozených úseků z důvodů nízké hodnoty korelačního koeficientu ($R^2 = 0,3759$; Obr. 24). V tomto případě, kdy analyzujeme data z horninového masivu, který je nehomogenní a analyzovaná data jsou zatížena řadou vlivů, které se odehrávají v horninovém masivu při jeho exploataci, by mohla být hodnota korelačního koeficientu považována i za poměrně významnou. Na druhé straně však hodnota délky poškozeného úseku byla vypočtena velmi jednoduchým způsobem (viz kapitola 5.1) a je proto nezbytné její přesnější definování a stanovení, které by však bylo nad rozsah této diplomové práce. Proto je výsledným závěrem, že závislost mezi registrovanou seismickou energií a délkou poškozených úseků nebyla jednoznačně prokázána a je potřeba se touto otázkou dále zabývat.

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zpracování analýzy k zjištění možné závislosti deformací v místě projevu otřesů v dole na uvolněné seismické energii. Zpracování analýzy proběhlo na základě poskytnuté dokumentace zahrnující Evidenční listy, Analytické rozborů a situační důlní mapy otřesů.

V tabulkovém procesoru MS Excel byly zpracovány základní parametry vycházející z poskytnutých podkladů zahrnující především délky poškozených úseků, registrovanou seismickou energii a maximální a minimální půdorysnou vzdálenost místa projevu otřesů od ohniska registrovaného seismického jevu.

Nalézt konkrétní závislost mezi uvolněnou seismickou energií při důlním otřesu a délkou postiženého úseků je velmi obtížné. Obecně můžeme říct, že se vzrůstající registrovanou energií roste délka postiženého úseku energií ovlivněného.

Deformace poškozených úseků důlních děl v závislosti na registrované seismické energii je shrnuto v tabulce níže (Tab. 6). V tabulce jsou popsány jednotlivé intervaly registrované seismické energie a k nim přiřazeny příslušný počet důlních otřesů a délka jejich deformace.

Tab. 6: Rozsah deformací v závislosti na registrované seismické energii

Registrovaná seismická energie [J]	Počet důlních otřesů	Procentuální zastoupení	Min. a max. délka[m]		Střední hodnota délek [m]
<1,00E+03; 1,00E+04)	6	5,1 %	4,0	126,0	35,0
<1,00E+04; 1,00E+05)	27	22,9 %	9,0	128,0	45,4
<1,00E+05; 1,00E+06)	50	42,4 %	10,0	480,0	93,4
<1,00E+06; 1,00E+07)	32	27,1 %	23,0	790,0	204,9
<1,00E+07; 1,00E+08)	3	2,5 %	103,5	160,0	131,8

Závislost rozsahu deformací na uvolněné seismické energii na základě analyzovaných dat se jeví jako nedostatečně prokázaná. Důvodem je nízká hodnota korelačního koeficientu. Příčinou může být mnoho faktorů, například:

- individuální hodnocení stavu poškozeného důlního díla,
- různá vzdálenost ohniska otřesu od místa projevu otřesu,
- různá poloha ohniska otřesu vzhledem k poloze porubní fronty,
- charakteristika horninového masivu,
- vlastnosti dotčeného porubu (délka, mocnost, profil, rychlost postupu, stáří).

V dalším možném kroku, který je však nad rámec této diplomové práce, by bylo zapotřebí se především zaměřit na zpřesnění parametru délky poškozených úseků. V rámci této diplomové práce byly parametry délek poškozených úseku určeny velmi jednoduchým způsobem a to může být příčinou možných nepřesností. Parametr délky poškozeného úseku byl zpracován jako součet všech staničení bez podrobnější analýzy způsobu porušení, tudíž délka poškozeného úseku neodpovídá realitě.

Cíl diplomové práce stanovený na jejím začátku byl splněn. V rámci diplomové práce byl analyzován rozsah deformací v místě důlních otřesů v dole v závislosti na uvolněné seismické energii se zohledněním vzdáleností seismického ohniska od místa projevů deformací. Závislost deformací v místě projevů otřesů v dole na uvolněné seismické energii nebyla jednoznačně prokázána.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **STRAUBE, Robert.** *Důlní otřesy v karbonském pohoří.* 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1972. str. 437.
2. **PETROŠ, Vladimír.** *Problematika důlních otřesů, dobývání uhlí v obtížných důlně geologických podmínkách: materiál pro rekvalifikační studium "Hornické inženýrství".* 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1999. str. 59. 80-7078-753-8.
3. **OKD, DPB a.s.** *Metodický postup, GM/05/PPP, Prostředky protiotřesové prevence.* Paskov, 2005.
4. **DOPITA, Miloslav.** *Geologie české části hornoslezské pánve.* 1. vyd. Praha : Ministerstvo životního prostředí České republiky, 1997. str. 280. 80-7212-011-5.
5. **MATĚJ, Miloš, KLÁT, Jaroslav a KORBELÁŘOVÁ, Irena.** *Kulturní památky ostravsko - karvinského revíru.* Ostrava : Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ostravě, 2009. str. 223. 978-80-85034-52-3.
6. **MARTINEC, Petr, a další.** *Atlas uhlí české části hornoslezské pánve.* Ostrava : Pro Ústav geoniky AV ČR v Ostravě vydalo nakladatelství Anagram, 2005. str. 64. 80-7342-082-1.
7. **KONÍČEK, Petr.** *Hodnocení účinnosti bezvýlomových trhacích prací pro uvolnění koncentrací napětí v horninovém masivu.* Ostrava : Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Geonics Ostrava, 2009. str. 130. 978-80-86407-63-0.
8. *Zpřesnění lokalizace seismických jevů v OKR.* **HOLEČKO, J.** Paskov : Green Gas DPB, a.s., 2008.
9. **OKD, DPB a.s.** *Metodický postup, GF/05/SL, Kontinuální seismologické sledování v průběžné prognóze vzniku důlních otřesů na dolech v OKR.* Paskov, 2005.
10. **OKD, DPB a.s.** *Metodický postup, GM/05/DOKO, Rozsah a způsob dokumentace otřesů.* Paskov, 2005.
11. **Green Gas, DPB, a.s.** *Evidenční listy důlních otřesů.* Paskov, 1993 - 2003.
12. **Green Gas DPB, a.s.** *Analytické rozborů důlních otřesů.* Paskov, 1976 - 2011.
13. **StatSoft, Inc.** *STATISTICA 12, CD - ROM.* Praha, 2013.
14. **MELOUN, M. a MILITKÝ, j.** *Statistické zpracování experimentálních dat.* Praha : Plus publishing, 1994. str. 839.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Deformace boků důlního díla [2], upraveno	10
Obr. 2: Deformace počvy důlního díla [2], upraveno	10
Obr. 3: Schematická mapa ČHP [6]	14
Obr. 4: Litostratigrafické členění karbonu hornoslezské pánve [6] upraveno	19
Obr. 5: Odkrytá geologická mapa karbonu ČHP [4]	20
Obr. 6: Výskyt sedlových vrstev v ČHP [6]	21
Obr. 7: Výskyt spodních sušských vrstev v ČHP [6]	23
Obr. 8: Výskyt svrchních sušských vrstev v ČHP [6]	23
Obr. 9: Seismické stanice lokálních seismologických dolů – stav březen 2008 [7]	24
Obr. 10: Seismické stanice regionální seismologické sítě – stav březen 2008 [7]	25
Obr. 11: Příklad protokolu Evidenčního listu otřesu [11]	26
Obr. 12: Příklad protokolu Analytického rozboru důlního otřesu [12]	27
Obr. 13: Příklad výkresové dokumentace důlního otřesu [12]	28
Obr. 14: Histogram délky poškozeného úseku	31
Obr. 15: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení délky poškozeného úseku	31
Obr. 16: Histogram transformované délky poškozeného úseku	32
Obr. 17: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení transformované délky poškozeného úseku	32
Obr. 18: Histogram registrované seismické energie	36
Obr. 19: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení registrované seismické energie	36
Obr. 20: Histogram transformované registrované seismické energie	37
Obr. 21: Pravděpodobnostní graf normálního rozdělení transformované registrované seismické energie	37
Obr. 22: Porovnání délky poškozeného úseku s registrovanou seismickou energií	38
Obr. 23: Schéma odčítání minimálních a maximálních vzdáleností	41
Obr. 24: Graf závislosti transformované registrované seismické energie [ln J] a transformované délky poškozeného úseku [ln m]	43

9. SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Výsledky testu normality délek poškozených úseků	30
Tab. 2: Výsledky testu normality registrované seismické energie	35
Tab. 3: Zjištěné vzdálenosti projevů otřesů od registrovaného seismického jevu	40
Tab. 4: Rozložení počtu otřesů v závislosti na registrované seismické energii	41
Tab. 5: Maximální vzdálenosti projevů otřesů v závislosti na registrované seismické energii	42
Tab. 6: Rozsah deformací v závislosti na registrované seismické energii	45

10. PŘÍLOHY

Příloha 1: Datový soubor zpracovaných otřesů.

POŘ. Č. OTŘESU	UVOLN. ENERGIE [J]	DÉLKA POŠK. ÚSEKU [m]	POŘ. Č. OTŘESU	UVOLN. ENERGIE [J]	DÉLKA POŠK. ÚSEKU [m]	POŘ. Č. OTŘESU	UVOLN. ENERGIE [J]	DÉLKA POŠK. ÚSEKU [m]
1	1,10E+06	230,0	41	1,90E+04	16,0	81	1,50E+06	155,0
2	7,00E+06	23,0	42	5,00E+04	40,0	82	2,30E+06	61,5
3	6,10E+06	132,5	43	3,60E+04	45,0	83	5,20E+05	108,0
4	1,10E+05	60,0	44	6,60E+04	85,0	84	5,50E+05	63,0
5	1,40E+06	363,0	45	6,00E+05	98,0	85	5,50E+05	80,0
6	2,20E+04	48,0	46	1,20E+06	97,5	86	7,00E+05	145,5
7	5,80E+05	56,0	47	1,00E+06	60,0	87	8,50E+05	15,0
8	8,60E+04	32,0	48	2,70E+05	306,0	88	4,80E+05	95,0
9	1,70E+05	60,0	49	2,00E+05	147,5	89	5,10E+05	78,0
10	6,20E+03	126,0	50	1,30E+05	100,0	90	6,40E+06	177,5
11	3,60E+05	100,0	51	3,40E+05	47,0	91	3,00E+06	156,0
12	3,30E+05	85,0	52	2,80E+05	60,0	92	5,20E+05	274,0
13	2,20E+06	40,0	53	1,00E+07	103,5	93	2,10E+06	376,0
14	8,10E+04	60,0	54	2,40E+05	132,0	94	4,00E+06	448,0
15	1,60E+04	72,0	55	3,90E+04	27,5	95	1,50E+06	790,0
16	1,90E+03	29,0	56	4,60E+05	54,0	96	1,50E+05	92,0
17	5,90E+04	27,0	57	4,30E+05	19,5	97	3,40E+05	130,0
18	2,30E+05	17,0	58	1,50E+05	80,0	98	9,30E+05	226,0
19	1,80E+05	70,0	59	4,30E+04	17,0	99	2,60E+05	80,0
20	4,90E+04	21,0	60	8,30E+04	128,0	100	1,20E+06	100,0
21	1,00E+07	132,0	61	3,40E+04	20,5	101	5,00E+05	480,0
22	6,50E+04	56,0	62	2,20E+06	182,0	102	3,60E+06	418,0
23	3,50E+03	23,0	63	2,00E+06	185,0	103	8,60E+06	266,0
24	3,90E+05	27,0	64	5,10E+05	65,0	104	1,70E+06	180,0
25	4,00E+03	4,0	65	2,50E+06	160,0	105	9,60E+04	30,0
26	4,90E+04	30,0	66	7,00E+06	65,0	106	1,50E+04	27,5
27	8,00E+06	56,0	67	2,00E+05	45,0	107	6,00E+05	158,0
28	8,60E+04	47,0	68	7,80E+04	30,0	108	4,90E+05	75,0
29	7,10E+04	35,0	69	1,60E+05	10,0	109	3,30E+06	172,0
30	2,50E+05	10,0	70	2,00E+06	203,0	110	2,00E+06	111,5
31	6,00E+05	142,0	71	6,30E+04	85,0	111	6,20E+04	83,0
32	3,60E+03	10,0	72	2,00E+06	305,0	112	4,50E+05	85,0
33	2,60E+04	95,0	73	1,30E+05	41,0	113	3,10E+05	57,0
34	3,10E+04	40,0	74	2,00E+05	15,0	114	7,40E+05	145,0
35	8,00E+03	18,0	75	5,00E+05	49,0	115	8,30E+06	114,0
36	2,40E+05	62,0	76	1,20E+05	48,0	116	1,30E+05	50,0
37	2,40E+04	18,0	77	5,00E+06	460,0	117	1,40E+07	160,0
38	1,60E+06	199,0	78	1,10E+06	88,0	118	9,70E+06	181,0
39	1,50E+05	25,0	79	3,00E+05	37,5			
40	4,70E+04	9,0	80	9,20E+05	164,0			